

**JANDERSON TOLENTINO SILVEIRA**

**ANÁLISE ENERGÉTICA DA PRODUÇÃO DE LEITE BOVINO NA  
FAZENDA EXPERIMENTAL PROFESSOR HAMILTON DE ABREU  
NAVARRO – ICA/UFMG, EM MONTES CLAROS - MG**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências Agrárias do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Agrárias.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Anna Christina de Almeida

**Montes Claros**

**2010**

**S587a  
2010**

**Silveira, Janderson Tolentino.**

**Análise Energética da Produção de Leite Bovino na Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro – ICA/UFMG, em Montes Claros – MG / Janderson Tolentino Silveira. Montes Claros, MG: ICA/UFMG, 2010.**

**132 f: il.**

**Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.**

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Anna Christina de Almeida.**

**Banca examinadora: Osmar de Carvalho Bueno, Anna Christina de Almeida, Delacyr da Silva Brandão Junior, Fernando Colen, Rogério Marcos de Souza.**

**Inclui bibliografia: f. 92-99.**

**1. Bovinocultura de Leite. 2. Leite – Produção. 3. Agroecologia. I. Almeida, Anna Christina de. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.**

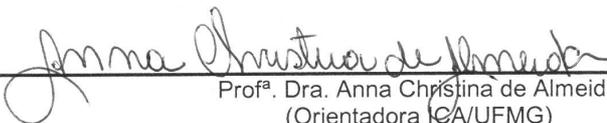
**CDU: 636.244**

**Elaborada pela Biblioteca Comunitária do ICA/UFMG**

JANDERSON TOLENTINO SILVEIRA

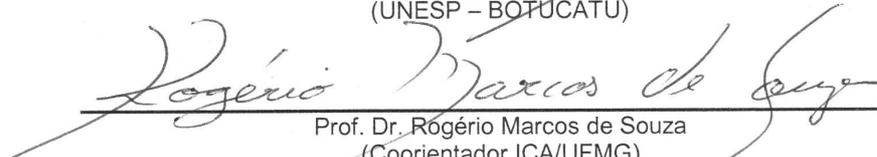
ANÁLISE ENERGÉTICA DA PRODUÇÃO DE LEITE BOVINO NA  
FAZENDA EXPERIMENTAL PROFESSOR HAMILTON DE ABREU  
NAVARRO – ICA-UFMG, EM MONTES CLAROS-MG

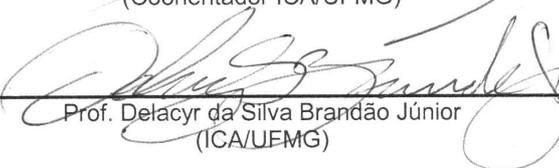
Aprovada em 08 de dezembro de 2009.

  
Prof.<sup>a</sup>. Dra. Anna Christina de Almeida  
(Orientadora ICA/UFMG)

  
Prof. Dr. Fernando Colen  
(Coorientador ICA/UFMG)

  
Prof. Dr. Osmar de Carvalho Bueno  
(UNESP – BOTUCATU)

  
Prof. Dr. Rogério Marcos de Souza  
(Coorientador ICA/UFMG)

  
Prof. Delacyr da Silva Brandão Júnior  
(ICA/UFMG)

**Montes Claros  
2009**

## **DEDICO**

À minha esposa, Josélia, que, em todos os momentos, esteve sempre ao meu lado, com carinho, amor e compreensão.

A meus pais que não pouparam esforços e fizeram de tudo para que os filhos pudessem estudar.

A meus irmãos que sempre me apoiaram e incentivaram para que pudesse progredir com os estudos.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, a vida e a oportunidade.

Ao Prof. Antônio Cleber da Silva Camargo o apoio no início dos trabalhos.

À Prof.<sup>a</sup> Anna Christina de Almeida o apoio incondicional e a orientação.

Ao Prof. Rogério Marcos de Souza, coorientador, a atenção, as sugestões e os ensinamentos.

Em especial ao Dr. Fernando Colen, a oportunidade oferecida, a paciência, a compreensão, o estímulo e os ensinamentos na elaboração deste trabalho.

Ao Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, a oportunidade e a concessão dos dados utilizados no presente trabalho.

Aos funcionários de campo da Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro que se dispuseram a oferecer os dados necessários e por estarem sempre à disposição na execução dos trabalhos.

Aos colegas de turma da Pós-graduação e ao amigo Danivalton Fernandes de Oliveira, a ajuda e os ensinamentos.

E a todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho. Muito obrigado!

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi realizar a análise energética da produção de leite bovino na Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro – FEHAN, do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, em Montes Claros – MG. A busca por sistemas de produção mais sustentáveis vem adquirindo importância no cenário nacional e internacional. Com isso, a análise energética da atividade leiteira vem auxiliar na avaliação das formas de produção, além de fornecer subsídios para avaliar, de maneira mais aprofundada, o atual patamar de utilização das entradas e saídas energéticas (*inputs* e *outputs*) e o nível de dependência de energia do agroecossistema leiteiro. Por acompanhamento da produção no ano agrícola 2008/2009, por intermédio das informações obtidas na literatura, e por meio de relatos orais dos trabalhadores de campo da FEHAN, foi analisada cada operação do itinerário técnico da produção de leite bovino. Os resultados da análise energética foram apresentados pela estrutura dos dispêndios energéticos, por tipo, fonte e forma de energia e pela energia bruta produzida. Considerando o agroecossistema estudado, observou-se uma energia bruta do produto leite, isto é, saídas energéticas de  $8.570,49 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , com uma participação dos dispêndios, ou seja, entradas energéticas de 73,36% e 26,64% das energias direta e indireta, respectivamente. O agroecossistema leite é altamente dependente de energia de fonte biológica, principalmente devido ao uso de rações concentradas, com elevado valor energético. A eficiência cultural encontrada foi de 0,25, ou seja, para cada unidade calórica aplicada no agroecossistema, foi produzida apenas 0,25 unidade calórica, ou seja, para produzir uma unidade energética de leite, é necessária em média, a entrada de 4,0 unidades energéticas no agroecossistema estudado. Verifica-se, com isso, que o agroecossistema de produção de leite na FEHAN – ICA/UFMG foi altamente dependente de energia e ineficiente, do ponto de vista energético, no ano agrícola estudado.

**Palavras-chave:** Balanço energético. Agroecossistema. Leite bovino. Energia.

## ABSTRACT

This work aimed to analyze the energy spent on milk production of bovine dairy herd at *Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro* – FEHAN (Experimental farm), from *Instituto de Ciências Agrárias da UFMG*, in Montes Claros – MG. The search for more efficient sustainable production systems is gaining importance in the national and international scenery. Thus, energy analysis of the milk activity may aid in the evaluation of production forms, besides providing subsidies to make a more accurate evaluation of the current situation of energy input and output use and the energy dependence level of the milk agroecosystem. In order to follow the production of the years 2008/2009, by means of information from the literature and oral statements from country workers of FEHAN, each operation of the technical itinerary of the dairy herd milk production has been analyzed. The results of the energy analysis were presented by the energy expenditure structure through energy type, source and form and by the produced gross energy. Considering the studied agroecosystem, we could observe a gross energy from the product - milk, that is, energy outputs of  $8.570,49 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , with a participation of the expenditures, i.e. energy inputs of 73,36% and 26,64% of the direct and indirect energy respectively. Milk agroecosystem is highly dependent on the biological source energy, mainly due to the use of concentrated feed with high energy value. The cultural efficiency found was 0,25, that is, for each caloric unit applied in the agroecosystem, only 0,25 caloric unit was produced. In other words, in order to produce one milk energy unit we need in average, the input of 4,0 energy units in the studied agroecosystem. We can verify through this that the agroecosystem of milk production at FEHAN – ICA/UFMG was highly dependent on energy and inefficient from the energy point of view in the agricultural year studied.

**Keywords:** Energy balance. Agroecosystem. Cattle milk. Energy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 -	Ranking mundial dos maiores produtores de leite em 2006 .....	18
Gráfico 2 -	Taxas anuais de crescimento da produção de leite dos maiores produtores no mundo, no período de 1995 a 2005 .....	19
Gráfico 3 -	Taxas anuais de crescimento do número de vacas leiteiras nos maiores produtores do mundo, no período de 1995 a 2004 .....	20
Gráfico 4 -	Participação dos Estados da região Sudeste na produção de leite, em 2003 .....	24
Gráfico 5 -	Taxas anuais de crescimento da produção de leite na região Sudeste, no período de 1993 a 2004 .....	25
Gráfico 6	Participações das operações no itinerário técnico	85
Gráfico 7-	Participação das energias direta e indireta na composição do itinerário técnico .....	88
Gráfico 8-	Participação em porcentagem das diversas fontes de energia no agroecossistema leite, FEHAN – ICA/UFMG, ano agrícola 2008/2009 .....	89
Figura 1 -	Distribuição regional das regiões de Minas Gerais	26
Figura 2 -	Localização geográfica do município de Montes Claros–MG .....	51
Figura 3 -	Grade aradora Baldan de 14 discos .....	63
Figura 4 -	Grade niveladora Machesan de 28 discos .....	65
Figura 5 -	Semeadora adubadora utilizada para o plantio de sorgo .....	67
Figura 6 -	Equipamento utilizado para aplicação de herbicida .....	70
Figura 7 -	Cultivador adubador da marca Machesan.....	72
Figura 8 -	Ensiladora de forragem Pecu 9004 – Nogueira.....	74
Figura 9 -	Arraçoamento. ....	78
Figura 10 -	Roçadora de arrasto SP1 – Inronda .....	80

Figura 11 -	Sala de ordenha e resfriador de leite .....	82
Quadro 1 -	Porcentagem média de importação de alguns fertilizantes no Brasil, 2003 .....	47
Quadro 2 -	Dispêndio de energia de agricultores por tipo de trabalho agrícola, em função correspondente ao GER .....	54
Quadro 3 -	Comparativo de dispêndio de energia de agricultores por tipo de trabalho agrícola, em fração correspondente ao GER, em ordem crescente .....	55
Quadro 4 -	Proporção dos ingredientes da ração concentrada para vacas em lactação no ICA-UFMG .....	57
Quadro 5	Itinerário técnico com suas atividades e suas respectivas áreas na FEHAN .....	101
Quadro AP1 -	Massa, altura, idade e GER dos agricultores envolvidos nas operações do itinerário técnico do agroecossistema leiteiro - FEHAN - ICA-UFMG .	101
Quadro AP2 -	Cálculo das necessidades calóricas referente a 24 horas para cada trabalhador estudado .....	105
Quadro AP3 -	Jornada de trabalho, coeficientes de tempo de operação, mão de obra utilizada, modelo de máquina e/ou implemento, e outros dados de referência por operação do itinerário técnico do agroecossistema leiteiro FEHAN-ICA/UFMG, por hectare, produção 2008/2009 .....	112
Quadro AP4 -	Cálculo de consumo de óleo diesel, lubrificante e graxa para os tratores e implementos utilizados	116
Quadro AP5 -	Valor calórico total por hectare dos insumos utilizados no agroecossistema leiteiro. FEHAN - ICA-UFMG 2008/2009 .....	126
Quadro AP6 -	Peso de embarque dos tratores, dos implementos e pneus utilizados no agroecossistema leiteiro. ICA-UFMG 2008/2009 .....	127
Quadro AP7 -	Massa dos contrapesos .....	128

Quadro AP8 -	Locais de lubrificação, volume utilizado, especificação do lubrificante e momento de troca por trator usado no itinerário técnico do agroecossistema leiteiro. ICA-UFMG 2008/2009 .	129
Quadro AP9 -	Vida útil e horas de uso por ano de máquinas e implementos agrícolas .....	130
Quadro AP10 -	Quantidade de pontos de engraxamento, momento e número de injeções de graxa por trator e implemento utilizados no itinerário técnico.	131
Quadro AP11 -	Área plantio .....	132
Quadro AP12 -	Produção e produtividade .....	132

## LISTA DE TABELAS

1 -	Entrada de energia por tipo, fonte e forma, em MJ.ha <sup>-1</sup> , e participações percentuais de gradagem aradora .....	64
2 -	Entrada de energia por tipo, fonte e forma, em MJ.ha <sup>-1</sup> , e participações percentuais de gradagem niveladora .....	66
3 -	Entrada de energia por tipo, fonte e forma, em MJ.ha <sup>-1</sup> , e participações percentuais de plantio e adubação .....	68
4 -	Entrada de energia por tipo, fonte e forma, em MJ.ha <sup>-1</sup> , e participações percentuais de combate à formiga .....	69
5 -	Entrada de energia por tipo, fonte e forma, em MJ.ha <sup>-1</sup> , e participações percentuais de aplicação de herbicida .....	71
6 -	Entrada de energia por tipo, fonte e forma, em MJ.ha <sup>-1</sup> , e participações percentuais de adubação em cobertura .....	73
7 -	Entrada de energia por tipo, fonte e forma, em MJ.ha <sup>-1</sup> , e participações percentuais de produção de silagem - colheita mecânica. ....	75
8 -	Entrada de energia por tipo, fonte e forma, em MJ.ha <sup>-1</sup> , e participações percentuais de produção de silagem – transporte .....	76
9 -	Entrada de energia por tipo, fonte e forma, em MJ.ha <sup>-1</sup> , e participações percentuais de produção de silagem – compactação .....	77
10 -	Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ.ha <sup>-1</sup> , e participações percentuais na operação de aração .....	79
11 -	Entrada de energia por tipo, fonte e forma, em MJ.ha <sup>-1</sup> , e participações percentuais de roçada mecânica de pasto .....	81
12 -	Entrada de energia por tipo, fonte e forma, em MJ.ha <sup>-1</sup> , e participações percentuais de ordenha mecânica e resfriamento de leite .....	83
13 -	Participação das operações do itinerário técnico no agroecossistema de produção de leite em MJ.ha <sup>-1</sup> no ICA-UFMG, ano agrícola 2008/2009 .....	84
14 -	Estrutura dos dispêndios energéticos, por tipo, fonte e forma e energia bruta do agroecossistema leiteiro da FEHAN no ICA-UFMG, ano agrícola 2008/2009 em MJ.ha <sup>-1</sup> .....	87

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubo.

DIPOA - Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FEHAN – ICA/UFMG - Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu  
Navarro Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, em  
Montes Claros.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBGE-PPM - IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal.

ICA-UFMG – Instituto de Ciências Agrária da UFMG

IEA-SP - Instituto de Economia Agrícola de São Paulo.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento,

OMS - Organização Mundial de Saúde.

PNQL - Programa Nacional de Qualidade do Leite,

USDA - United States Department of Agriculture.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
2.1 Pecuária leiteira no mundo.....	18
2.2 Pecuária leiteira no Brasil.....	20
2.3 Pecuária leiteira em Minas Gerais .....	23
2.4 Produção de leite no Norte de Minas Gerais .....	26
2.5 Produção pecuária leiteira.....	27
2.5.1 Sistemas de criação .....	27
2.5.1.1 Sistema extensivo .....	27
2.5.1.2 Sistema semi – intensivo.....	28
2.5.1.3 Sistema intensivo .....	28
2.6 Energia: balanço energético.....	29
2.6.1 Classificação das energias.....	30
2.6.1.1 Segundo a forma como se apresenta .....	31
2.6.1.2 Segundo a origem .....	31
2.6.1.3 Em função do seu destino.....	32
2.6.1.4 Energias renováveis e não-renováveis .....	32
2.7 Análise energética.....	33
2.7.1 Os fluxos de energia .....	35
2.7.1.1 Energia injetada na agricultura ou fluxo externo.....	36
2.7.1.2 Energia convertida pela agricultura ou fluxo Interno.....	36
2.7.1.3 O fluxo perdido ou reciclado .....	37
2.8 Índices energéticos ou calóricos .....	37

2.9 Matriz energética.....	39
2.9.1. Entradas energéticas .....	40
2.9.1.1 Energia direta de origem biológica.....	40
2.9.1.1.1 Mão de obra.....	40
2.9.1.1.2 Sementes e mudas .....	41
2.9.1.1.3 Produção animal .....	42
2.9.1.2 Energia direta de origem fóssil.....	43
2.9.1.2.1 Combustível, óleo lubrificante e graxa.....	43
2.9.1.3 Energia de origem industrial .....	44
2.9.1.3.1 Máquinas e implementos .....	43
2.9.1.3.2 Corretivos de solo .....	46
2.9.1.3.3 Fertilizantes químicos.....	46
2.9.1.3.4 Agrotóxicos.....	48
2.9.1.3.5 Energia contida nas edificações rurais .....	48
2.10 Saídas energéticas.....	49
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>50</b>
3.1 Mão de obra .....	53
3.2 Sementes .....	56
3.3 Ração concentrada para os animais.....	56
3.4 Combustível, óleo lubrificante e graxa.....	57
3.5 Fertilizantes .....	58
3.6 Máquinas e implementos .....	58
3.7 Agrotóxicos.....	59

3.8 Ordenhadeira mecânica e resfriador de leite .....	59
3.9 Energia contida nas edificações rurais .....	60
<b>4 SAÍDAS ENERGÉTICAS .....</b>	<b>61</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>62</b>
5.1 Operações do itinerário técnico.....	62
5.1.1 Gradagem aradora .....	62
5.1.2 Gradagem niveladora.....	65
5.1.3 Plantio e adubação.....	66
5.1.4 Combate à formiga.....	69
5.1.5 Aplicação de herbicida .....	70
5.1.6 Adubação em cobertura.....	72
5.1.7 Colheita mecânica.....	73
5.1.8 Produção de silagem – transporte .....	75
5.1.9 Produção de silagem – compactação .....	76
5.1.10 Arraçoamento .....	77
5.1.11 Roçada mecânica de pasto.....	79
5.1.12 Energia contida nas construções rurais .....	81
5.1.13 Ordenha mecânica/resfriamento de leite .....	82
<b>6 PARTICIPAÇÃO DAS OPERAÇÕES DO ITINERÁRIO TÉCNICO.....</b>	<b>84</b>
<b>7 ESTRUTURA DOS DISPÊNDIOS ENERGÉTICOS .....</b>	<b>86</b>
<b>8 CONCLUSÃO .....</b>	<b>90</b>
<b>9 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>91</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>92</b>

<b>APÊNDICES.....</b>	<b>100</b>
-----------------------	------------

## 1 INTRODUÇÃO

A partir da revolução verde, da década de 1960, a agropecuária brasileira passou por uma série de transformações que levou a aumentos significativos de produção de alimentos, de matérias-primas, de geração de renda e emprego no campo e nas cidades, além de um aumento crescente no uso de insumos não-renováveis.

Mais recentemente, as alterações ocorridas na economia, principalmente a partir dos anos 90, com a abertura de mercado e com a estabilização da moeda, levaram os produtores e consumidores a uma nova realidade. Nesse contexto, a produção de alimentos ficou diante de novos competidores, e os consumidores passaram a ter novas opções de marcas e novos produtos nas gôndolas dos mercados.

O efeito direto dessas mudanças foi a intensificação da concorrência e a busca incessante por produtos de qualidade e a baixos custos de produção, a fim de conquistar cada vez mais mercado. Com isso, a agropecuária brasileira tem usado cada vez mais insumos, equipamentos, sementes melhoradas e animais mais produtivos. Acompanhando esse panorama, a atividade leiteira bovina tem evoluído muito na busca por novas técnicas de produção e de novas formas de processamento do produto e de seus derivados.

O consumo médio de leite no Brasil está em torno de 138 litros por habitante/ano, sendo o recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) de 180 litros por habitante/ano. O setor leiteiro tem um grande mercado a conquistar, tanto mercado consumidor interno quanto externo, tendo em vista que o Brasil é um dos poucos países do mundo com grande capacidade de expansão da sua produção de leite a baixos custos de produção.

Na produção agropecuária em geral, tem sido cada vez mais utilizadas fontes energéticas de origem não-renovável como: fertilizantes, herbicidas e o diesel. Com a pecuária leiteira não tem sido diferente para

alcançar produção de alimentos em quantidade e qualidade suficientes para manter altos índices de produtividades em seus rebanhos, o que tem gerado muita renda no setor leiteiro nacional. Por outro lado, tem gerado problemas complexos, principalmente relacionados às questões ambientais, sociais e econômicas.

A busca por sistemas de produção mais sustentáveis vem adquirindo importância no cenário nacional e internacional. Com isso, a análise energética da atividade leiteira vem auxiliar na avaliação das formas de produção, além de fornecer subsídios para avaliar, de forma mais aprofundada, o atual patamar de utilização, das entradas energéticas (*inputs*) e saídas energéticas (*outputs*) e o nível de dependência energética do agroecossistema leiteiro.

No intuito de obter informações que possam gerar subsídios para ajustes de condutas na produção leiteira, o presente trabalho teve por objetivo realizar uma análise energética da exploração leiteira na Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro, no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, em Montes Claros - MG.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Pecuária leiteira no mundo

A produção mundial de leite em 2006 foi de 418,973 bilhões de quilos, sendo que desse total o Brasil contribuiu com aproximadamente 25,23 bilhões de quilos, isto é, 6,02% do total produzido (USDA, 2008).

O Brasil é o sexto maior produtor mundial, atrás da União Européia, dos Estados Unidos, Índia, cuja pecuária bovina tem poucos interesses comerciais, Rússia e da China, como pode ser visto na GRÁF. 1.

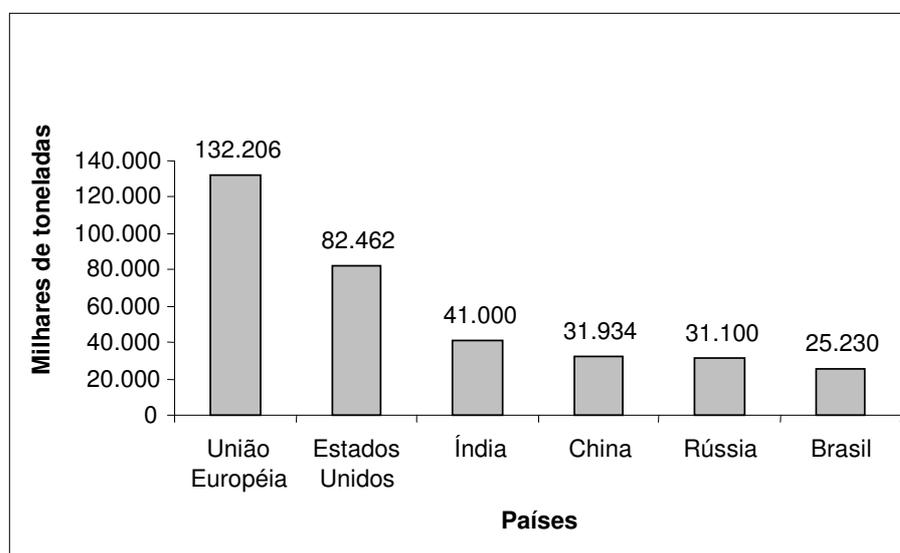


GRÁFICO 1 – Ranking mundial dos maiores produtores de leite em 2006 (Dados em milhares de toneladas)

Fonte: Adaptado de USDA (2008).

De acordo com a GRÁF. 2, no período de 1995 a 2004, o Brasil teve o maior crescimento em produção. Em relação aos Estados Unidos, cresceu 73,48%, enquanto que países como a Rússia, a Alemanha e a

França tiveram taxas negativas de crescimento no período. Mantidos tais comportamentos, a produção nacional terminará, na próxima década, em terceiro lugar, perdendo apenas para a União Européia e os Estados Unidos como maior produtor mundial de lácteos, segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA 2004 citado por GOMES, 2006).

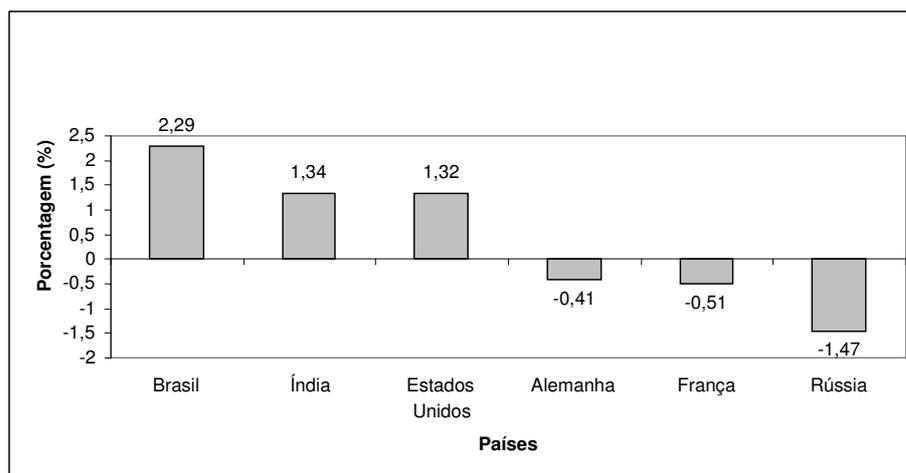


GRÁFICO 2 – Taxas anuais de crescimento da produção de leite dos maiores produtores no mundo, no período de 1995 a 2005  
Fonte: USDA 2004 citado por GOMES, 2006.

Outro ponto que merece destaque é a taxa negativa de crescimento na população de vacas leiteiras em cinco países dos seis maiores produtores de leite, o que caracteriza o aumento da produtividade mundial. Tal informação pode ser observada na GRÁF. 3.

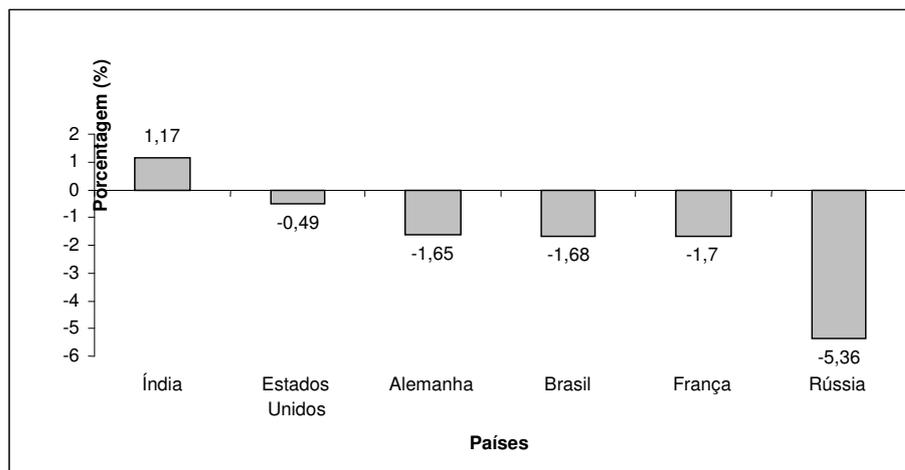


GRÁFICO 3 – Taxas anuais de crescimento do número de vacas leiteiras nos maiores produtores do mundo, no período de 1995 a 2004

Fonte: USDA 2004 citado por GOMES, 2006.

## 2.2 Pecuária leiteira no Brasil

A produção de leite no Brasil configura-se uma das atividades econômicas mais importantes do agronegócio nacional, gerando renda e empregos em todas as regiões do país. O Brasil produziu cerca de 25,23 bilhões de litros de leite em 2006, o que configura o país entre os seis maiores produtores mundiais (USDA, 2008). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no censo agropecuário 2006, o Brasil teve uma produção anual em torno de 21,4 bilhões de litros de leite.

O maior volume de produção de leite no Brasil concentra-se nas regiões Sudeste e Sul, que, no ano de 2003, produziram cerca de 66% da produção nacional. Na região Sudeste, está concentrada a maior produção, as indústrias, os laticínios e o maior mercado consumidor de lácteos do País (ANUALPEC, 2004).

De 1980 a 2003, a produção brasileira de leite cresceu em média 2,9% ao ano, porém de 1993 a 2003, a taxa de crescimento se elevou para

3,4% ao ano. Em 2005, os dados do IBGE evidenciam um crescimento de 12% na produção inspecionada. O comportamento da produção de leite e da economia nacional tem grande influência na futura situação do país como exportador ou importador de leite e derivados (ANUALPEC, 2006).

A produtividade cresceu de modo significativo nos últimos anos: 3,8% ao ano, no período de 1995 a 2004. Tal crescimento foi o maior entre os seis países maiores produtores mundiais, já que a produtividade dos Estados Unidos cresceu apenas 1,81% nesse período (USDA 2004 citado por GOMES, 2006).

De acordo com Souza *et al.* (2004), a importância da pecuária leiteira nacional pode ser reforçada pelo segmento industrial, que, por meio de grandes empresas de laticínios, é capaz de ofertar ao mercado uma infinidade de subprodutos, como leite em pó, queijos, manteigas, doces e iogurtes. Recentemente, a elevação da demanda por produtos lácteos tem sido capaz de gerar empregos permanentes, superando setores tradicionalmente importantes, como o automobilístico, a construção civil, a siderurgia e o têxtil. A cada US\$ 20 milhões exportados em leite e derivados, são preservados 11 mil empregos, sendo 6 mil nas propriedades rurais.

Silva *et al.* (2003) destacam que a produção de leite nos anos 90 passou por um profundo processo de transformação, tanto em termos estruturais como operacionais, com o desenvolvimento de um ambiente competitivo completamente novo para os produtores. Essas transformações foram influenciadas por cinco fatores:

- desregulamentação da produção e comercialização;
- abertura comercial ao exterior e instituição e consolidação do Mercosul;
- aceleração do processo de concentração de laticínios e supermercados varejistas, por meio de fusões;
- estabilização da moeda a partir do Plano Real;
- vertiginoso crescimento da oferta de leite tipo “longa vida”.

Essas transformações promoveram forte impacto no setor produtor de leite, exigindo uma série de ajustes e adaptações para se aproximar do nível de qualidade, volume e regularidade de produção exigida pelas indústrias, mercado varejista e consumidor.

Diante dessa necessidade, de ajustes do setor leiteiro nacional, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), após consultas públicas, criou o Programa Nacional de Qualidade do Leite (PNQL), lançado em maio de 1998, cujo eixo principal foi a definição de padrões de qualidade e identidade do leite (SILVA *et al.*, 2003).

Tais ajustes foram normatizados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) com a Instrução Normativa N° 51, de 18 de setembro de 2002, estabelecendo normas de aperfeiçoamento e modernização da legislação sanitária federal sobre a produção de leite, com regulamentos técnicos para produção e transporte do produto (BRASIL, 2002).

Com a perspectiva de aumento de consumo interno de leite e com o mercado externo em expansão, Assis *et al.* (2007) citam que muitos produtores nacionais têm procurado novas alternativas para sobreviverem em um mercado competitivo e aberto, aos produtos importados, muitos deles subsidiados no país de origem. Tem-se observado uma busca incessante por tecnologias competitivas capazes de aumentar a produtividade, ampliar o volume de produção, reduzir custos, melhorar a qualidade do leite e, ainda, como demanda mais recente, preservar o meio ambiente. A necessidade dessa modernização parece ser decisiva para a pecuária leiteira se transformar em negócio lucrativo, competitivo e sustentável.

No Brasil, a dualidade tecnológica é uma característica de destaque na produção de leite, visto que convivem, lado a lado, produtores que utilizam alta tecnologia e alcançam elevados índices de produtividade com outros, tradicionais, que empregam baixo nível tecnológico e alcançam

pequena produtividade. Tal dicotomia se reflete nas quantidades de leite, em que há pequeno número de produtores de mais de 1.000 litros de leite/dia e grande número de produtores até 50 litros de leite/dia. Por um lado, os produtores de mais de 1.000 litros de leite/dia, embora em pequeno número, têm elevada participação na produção total, por outro, os de até 50 litros de leite/dia são em grande número, mas participam pouco da produção total (GOMES, 2006).

Em 1995 e em 2005, os produtores até 50 litros de leite/dia diminuíram as suas participações tanto no número total de produtores quanto na produção total. Em 1995, o número de produtores até 50 litros de leite/dia era de 54,69% do total de produtores de Minas Gerais. Em 2005, tal participação diminuiu para 44%. Em 1995, a produção dos produtores até 50 litros de leite/dia correspondia a 19,17% do total e em 2005, caiu para 8,19%. No entanto, os produtores de mais de 1.000 litros de leite/dia aumentaram as suas participações tanto no número quanto na quantidade produzida. Em 1995, o número de produtores com mais de 500 litros/dia era de 1,84% do total de produtores; em 2005, passou para 10,63%. Quanto à produção, a participação do produtor de mais de 1.000 litros de leite/dia passou de 10,63 para 44,41% (GOMES, 2006).

### 2.3 Pecuária leiteira em Minas Gerais

Minas Gerais é o estado com maior produção de leite do Brasil, com cerca de 6,5 bilhões de litros ou 29 % da produção nacional, seguido pelo estado de Goiás, com 2,6 bilhões de litros por ano (ANUALPEC, 2004).

No censo agropecuário de 2006, de acordo com o IBGE, a produção de leite em Minas Gerais foi de 5,89 bilhões de litros, em 220.656 propriedades produtoras. Já o estado de Goiás teve uma produção de 2,16 bilhões de litros de leite, em 68.151 propriedades produtoras.

Entre os estados da região Sudeste, Minas Gerais ocupa o primeiro lugar na produção de leite, com 71% do total produzido como pode ser visto na GRÁF. 4.

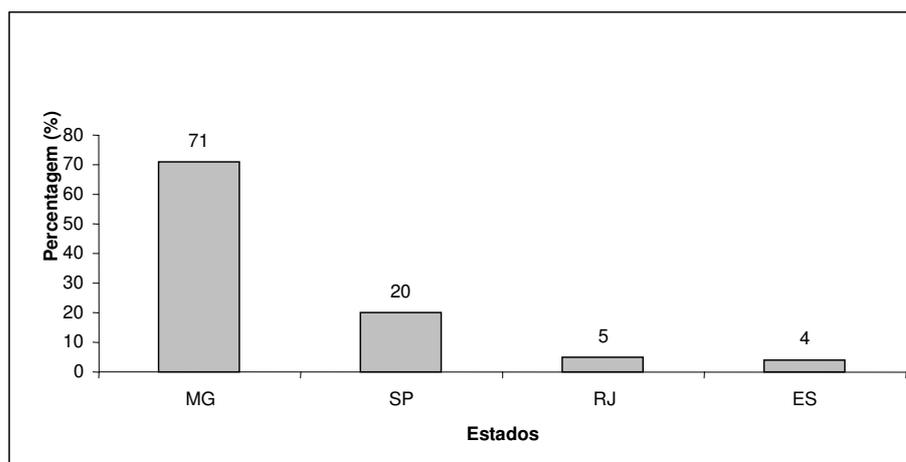


GRÁFICO 4 – Participação dos estados da região Sudeste na produção de leite, em 2003

Fonte: ANUALPEC (2004).

Minas Gerais obteve também a maior taxa de crescimento da produção de leite no período de 1994 a 2003, com 3,01% ao ano, entre os estados da região Sudeste (GRÁF. 5).

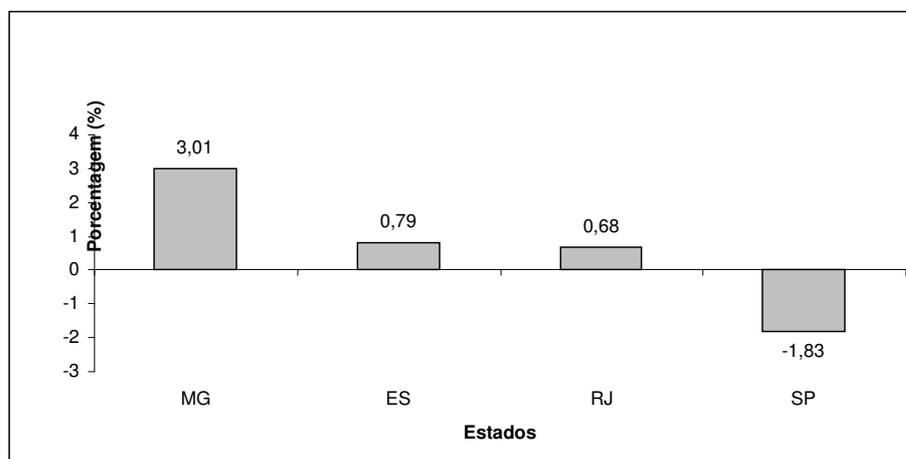


GRÁFICO 5 - Taxas anuais de crescimento da produção de leite na região Sudeste, no período de 1993 a 2004

Fonte: ANUALPEC (2004).

Em todas as regiões do estado, há produção de leite, segundo o IBGE-PPM (Pesquisa Pecuária Municipal) 2007, sendo as maiores produções encontradas nas mesorregiões do Triângulo Mineiro/Alto Parnaíba, com 24,7%; Sul/Sudoeste de Minas, com 15,8%, e Zona da Mata, com 9,8%. Já a mesorregião Norte de Minas, que corresponde às microrregiões de Januária, Janaúba, Salinas, Pirapora, Montes Claros, Grão Mogol e Bocaiúva, com 3,70%.

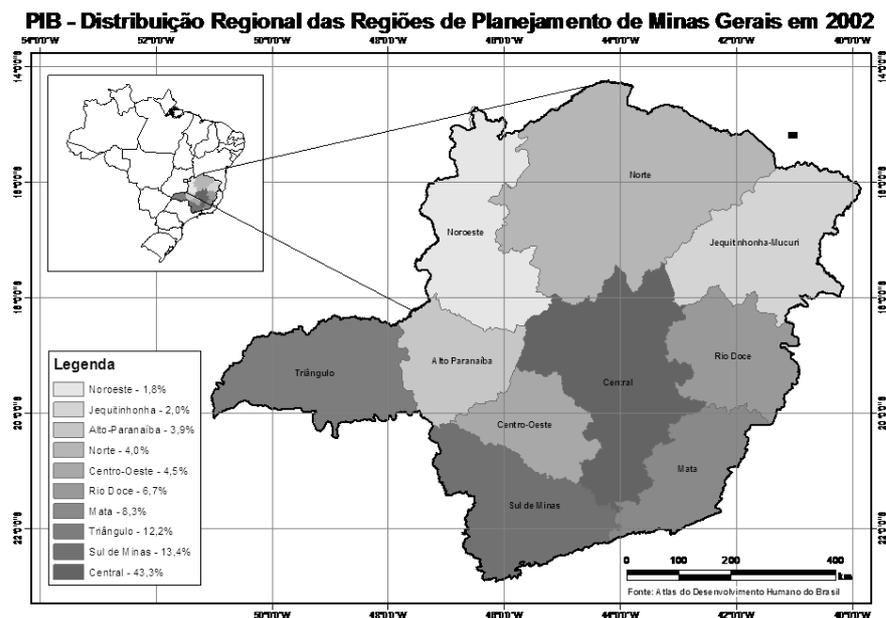


FIGURA 1 – Distribuição regional das regiões de Minas Gerais  
 Fonte: <http://www.minassistemas.com.br/idene/images/Slide18.PNG>.

#### 2.4 Produção de leite no Norte de Minas Gerais

O Norte de Minas Gerais possui o maior rebanho bovino do estado com cerca de 2,32 milhões de cabeças, segundo o Instituto Mineiro de Agropecuária. Desse total o maior número de animais destina-se à criação extensiva de bovinos de corte e uma pequena parcela, à criação de animais para produção de leite.

Conforme o Censo Agropecuário do IBGE (2006), o número de estabelecimentos agropecuários com atividade leiteira no Norte de Minas Gerais é de 25.370, praticamente o mesmo observado em 1996 (25.344). A produção de leite, no entanto, passou de 184.350 litros, em 1996, para 261.576 litros, em 2006, um aumento de 41,9%. O Norte de Minas Gerais foi

a região do estado com maior crescimento em produção de leite no período de 1996 a 2006.

O efetivo bovino no município de Montes Claros é de 161.066 cabeças, com uma produção anual de leite, em 2007, de 25,22 milhões de litros, com cerca de 20.120 vacas ordenhadas (IBGE, 2007).

## 2.5 Produção pecuária leiteira

Produção pecuária refere-se à criação de animais domesticados, incluindo as etapas do processo produtivo, desde os investimentos em instalações, equipamentos, produção de alimentos, cuidados com os rebanhos até a venda de animais e os seus produtos (ARAÚJO, 2003)

### 2.5.1 Sistemas de criação

De acordo com o manejo adotado pelos criadores, nas mais diversas regiões do Brasil, o sistema de exploração do gado leiteiro pode ser classificado em sistema extensivo, semi-intensivo e intensivo (BATTISTON, 1977; NEIVA, 2000; RAMOS, 1985).

#### 2.5.1.1 Sistema extensivo

É o tipo de criação predominante na maioria das propriedades brasileiras. Tem como principal característica o máximo aproveitamento dos recursos naturais, com criação dos animais completamente a campo, com pouca ou nenhuma adoção de tecnologia, que objetiva melhoria das condições do meio para os animais. Isso, conseqüentemente, influencia, com maior ou menor intensidade, o potencial de produção e produtividade dos rebanhos, contribuindo decisivamente para que o rebanho leiteiro nacional tenha baixos índices zootécnicos (NEIVA, 1998; RAMOS, 1985).

### 2.5.1.2 Sistema semi – intensivo

Sistema que predomina nas principais bacias leiteiras do país e se caracteriza pelo melhor manejo, melhor alimentação, melhor controle higiênico profilático, produtivo e reprodutivo em relação ao sistema extensivo. Os animais são criados parte do tempo soltos nos pastos e parte, confinados. Esse sistema permite a utilização de técnicas modernas de produção, não sendo incomum o uso de aleitamento artificial, inseminação artificial, controle da produção de leite por vaca, isto é, pesagem de leite e até transferência de embriões nas propriedades mais especializadas. No sistema semi-intensivo, o tipo de exploração, em relação ao sistema extensivo se caracteriza por: maior emprego de capital e trabalho por unidade de superfície; empregados mais especializados; existência de culturas e pastagens artificiais; divisão e rotação de pastagens; suplementação alimentar na época seca do ano; e às vezes durante todo o ano; fornecimento de suplementação mineral aos animais; utilização da inseminação artificial ou de touros melhoradores; emprego de cuidados profiláticos com uso de vacinas e controle de endoparasitas e ectoparasitas; possui, ainda, instalações e benfeitorias condizentes à exploração leiteira e utiliza animais aperfeiçoados à produção de leite (NEIVA, 1998).

### 2.5.1.3 Sistema intensivo

Sistema adotado em regiões onde há falta de espaço e preço da terra muito elevado. Esse sistema viabiliza-se somente com animais especializados para altas produções de leite, pois os animais recebem alimentação volumosa e concentrada no cocho durante todo o ano, além de necessitar de mão de obra especializada, cuidados sanitários mais específicos, o que torna o sistema de custo muito mais elevado (NEIVA, 1998; RAMOS, 1985).

## 2.6 Energia: balanço energético

Souza (2005, p.40), conceitua energia do ponto de vista da física como “[...] a capacidade de um sistema de produzir trabalho”.

O termo energia, conforme Basso (2007) pode designar as reações de uma determinada condição de trabalho, como, por exemplo: o calor, a luz, o trabalho mecânico, o trabalho dos músculos, que utilizam as mais variadas formas de energia para realizarem trabalho.

Segundo a primeira lei da termodinâmica, a energia pode passar de uma forma para outra, porém não pode ser criada nem destruída. Se essa primeira lei fosse analisada isoladamente, não haveria necessidade de a sociedade preocupar-se em descobrir novas fontes energéticas, pois a reciclagem possibilitaria a utilização da energia indefinidamente. Entretanto, essa afirmação encontra séria limitação na segunda lei da termodinâmica ou lei da entropia (BEBER, 1989).

De acordo com a lei da entropia, nenhum processo que implique em transformação de energia ocorrerá espontaneamente, a menos que ocorra uma degradação da energia de uma forma concentrada para uma forma dispersa, ou seja, a passagem da energia de uma forma para outra implica em perdas, pois parte sempre se transforma em energia térmica não disponível (BEBER, 1989). Para Gliessman (2005), a energia flui constantemente nos ecossistemas; ela entra como energia solar e é convertida pelas plantas e algas em energia potencial, armazenada em ligações químicas de moléculas orgânicas ou biomassa. Sempre que essa energia potencial é colhida pelos organismos para realizar algum tipo de trabalho, a maior parte é transformada em energia térmica, que é perdida no ecossistema.

### 2.6.1 Classificação das energias

Para entender a classificação e o conceito de energia em um agroecossistema, primeiramente, é necessário conceituar ecossistema. Ecossistema é um conjunto de organismos vivos e o meio ambiente onde vivem, com todas as interações recíprocas entre o meio e os organismos (DAJOZ, 1983). Ecossistema pode ser definido ainda, segundo Gliessman (2005), como um sistema funcional de relações complementares entre organismos vivos e o seu ambiente, com fronteiras de delimitação escolhida arbitrariamente, no espaço e no tempo, as quais parecem manter um equilíbrio dinâmico e estável.

Ainda de acordo com Gliessman (2005), agroecossistema é um local de produção agrícola – uma propriedade agrícola, por exemplo – compreendido como um ecossistema. Para esse autor, o conceito de agroecossistema baseia-se em princípios ecológicos e na compreensão dos ecossistemas naturais, além de proporcionar uma estrutura, com a qual pode-se analisar os sistemas de produção de alimentos como um todo, incluindo os seus conjuntos complexos de insumos e produção e as interconexões entre as partes que o compõem.

Diante disso, um agroecossistema pode ser considerado uma criação de animais dentro de uma unidade de produção de leite. Pode ser ainda a unidade de produção em si. Pode ser um conjunto de unidades de produção de um estado, de um país, ou até do mundo.

Nos agroecossistemas, as fontes energéticas utilizadas podem ser limitantes à sua sustentabilidade. Podem ser renováveis ou não-renováveis e podem ser poluidoras ou não poluidoras ao meio ambiente (BASSO, 2007).

A energia se apresenta nos agroecossistemas de maneiras diferenciadas. Assim, pode-se classificá-la de diversas formas:

### 2.6.1.1 Segundo a forma como se apresenta

Segundo Macedônio e Picchioni (1985), os recursos energéticos podem se apresentar na natureza da seguinte forma:

- Energia primária: refere-se às fontes provindas da natureza de forma direta, tais como energia luminosa do sol, energia química do petróleo, energia mecânica do vento ou da água, dentre outras.

- Energia secundária: é a energia derivada da energia primária, que passa por um processo de transformação, como o óleo diesel, que é energia secundária, derivada do petróleo, que, por sua vez, é energia química primária encontrada na natureza.

### 2.6.1.2 Segundo a origem

Comitre (1993) classifica a energia segundo as suas origens biológicas, fósseis e industriais.

- Energia de origem biológica: é composta da energia humana, animal, resíduo de animais e da agroindústria, de alimento para animais, material genético de propagação, adubação verde e cobertura vegetal morta.

- Energia de origem fóssil: é composta de produtos e subprodutos do petróleo, como combustíveis, lubrificantes, graxas, adubos químicos e agrotóxicos.

- Energia de origem industrial: faz parte dessa categoria a energia contida nos equipamentos agrícolas, nos tratores e na energia elétrica.

Comitre (1993), utilizando Malassis (1973) como referencial teórico, apresentou dois tipos básicos de fluxo externo na composição da matriz energética: a energia direta, que constitui o somatório de todas as quantidades calóricas das fontes energéticas da forma como se apresentam. A energia direta apresenta-se em três fontes: biológica, fóssil e elétrica. Por outro lado, a energia do tipo indireta é a soma das quantidades

calórica embutida nas máquinas, nos implementos, nos equipamentos, nos insumos e nas construções, tendo em vista que, para atingir a forma de utilização nos processos produtivos, necessitaram utilizar outras quantidades calóricas de trabalho, matéria-prima, combustível, transporte, etc., ou seja, a energia indireta é a energia de fonte industrial.

#### 2.6.1.3 Em função do seu destino

De acordo Junqueira *et al.* (1981), os recursos energéticos podem ser classificados em função do seu destino como:

- Energia não utilizada diretamente no agroecossistema – energia para o bem-estar dos agricultores e energia contida nas operações de pós-colheita.

- Energia utilizada diretamente no processo, mas que não é convertida em energia do produto final – combustível, agrotóxico, trabalho realizado pelos agricultores, animais de trabalho, máquinas e equipamentos, etc; ou seja, energia que não vai fazer parte do produto.

- Energia utilizada e convertida de maneira direta em produto final – energia solar, energia contida nos adubos e nos alimentos, quando se tratar de animais.

#### 2.6.1.4 Energias renováveis e não-renováveis

A FAO (1976) classificou os recursos energéticos em renováveis e não-renováveis. Os recursos energéticos renováveis são as energias solares, hídricas, eólicas, das marés e geotérmicas e os produtos originários do processo da fotossíntese. Já os recursos energéticos não-renováveis compreendem os combustíveis fósseis, como carvão mineral, petróleo, gás natural e os combustíveis nucleares.

Para se fazer uma análise energética de um agroecossistema de produção, deve-se entender a relação entre “entradas” (*inputs*) e “saídas” (*outputs*) de energia e as formas como são utilizadas.

## 2.7 Análise energética

A análise energética pode ser entendida como um processo de avaliação das “entradas” (*inputs*) e das “saídas” (*outputs*) de energia dos agroecossistemas (BUENO, 2002). Complementando essa abordagem, (HART 1980, citado por BASSO 2007), afirma que a avaliação da estabilidade de um agroecossistema é dada pelas “entradas” ou “*inputs*” de energia, associadas às suas “saídas” ou “*outputs*”, em forma de calor ou biomassa.

Bueno (2002, p. 15) cita que segundo Hesles (1981)

a análise energética quantifica, de maneira estimada, a energia diretamente consumida e/ou indiretamente utilizada, esta como parcela integrante do fluxo energético global, em pontos previamente estabelecidos de um determinado sistema produtivo, estabelecendo assim, limites de estudo.

Este conceito pode ser estendido para o caso de sistemas agrícolas, pois, de acordo com Netto e Dias (1984) energia e agricultura estão intimamente vinculadas. Essa vinculação se apresenta não apenas nas operações motomecanizadas observáveis, mas em todas as interações presentes em um agroecossistema.

Balanco de energia é concebido, em conformidade com Bueno *et al.* (2000), como um instrumento de contabilização da energia produzida e das energias consumidas em um determinado sistema de produção, com a função de traduzir em unidades, ou equivalentes energéticos, os fatores de produção e os consumos intermediários, possibilitando, dessa forma, a

construção de indicadores comparáveis entre si, que permitam a intervenção no sistema produtivo, visando melhorar a sua eficiência.

Segundo Campos (2001), a percepção da importância e da utilidade do balanço de energia tem feito com que vários pesquisadores utilizem esse instrumento para avaliação de sistemas e atividades agrícolas nas mais diversas proporções, com distintas delimitações (fronteiras) do sistema.

Risoud (2000) admite que a análise energética fornece uma visão interessante da agricultura como um usuário e um produtor de energia simultaneamente. A autora relata que a análise energética é um método relevante para avaliar a sustentabilidade da agricultura e que ilustra a complementaridade entre culturas agrícolas e produção animal. A eficácia energética de explorações agrícolas é superior à eficácia energética de explorações animais. Um fato biológico muitas vezes esquecido que pode ilustrar bem isso, é que, na passagem entre cada elo da cadeia alimentar, ocorrem “perdas” de energia: um herbívoro, por exemplo, não transforma toda a energia de sua ração em músculos, mas também na manutenção de seu calor interno e na respiração. De maneira geral, as produções animais representam um “luxo energético”, se comparada às produções vegetais (RISOUD, 2004).

A análise energética do setor agrícola pode ser apresentada em várias escalas, desde países, passando por cadeias agroalimentares específicas de exploração agrícola, até por itinerário técnico por produto (RISOUD, 1999).

A maioria das análises energéticas expressa os seus índices ou coeficientes em quilocaloria (kcal).

Caloria é a quantidade de calor necessária para aumentar de 14,5°C para 15,5°C a temperatura de um grama de água, sob pressão atmosférica ao nível do mar (BUENO, 2002 , p. 16).

Conforme Risoud (1999), atualmente a unidade utilizada em estudos de eficiência energética deve ser a mesma do Sistema Internacional, que, no caso, é o Joule (J) e os seus múltiplos, principalmente o Megajoule (MJ).

A definição de itinerário técnico é encontrada em Dufumier (1996, citado por PRADO, 1999, p. 34) como:

a sucessão lógica e ordenada de operações culturais aplicadas a uma espécie, a um consórcio de espécies ou a uma sucessão de espécies vegetais cultivadas, podendo utilizar e aplicar o mesmo conceito na produção animal.

Na avaliação da produção de leite, deve-se levar em consideração a energia envolvida na criação dos animais, com utilização de pastagens, de ensilagens e de fenos, os quais demandam elevadas quantidades de energia para a sua produção (CAMPOS, 2001).

Com a avaliação energética do agroecossistema leiteiro, pode-se verificar o nível de dependência desse sistema e as diferentes formas de energia, compreendendo-se melhor as necessárias adequações na exploração da atividade em relação aos dispêndios energéticos.

#### 2.7.1 Os fluxos de energia

Malassis (1973, citado por SATO, 2007) considerou que os fluxos de energia existentes no processo de produção agrícola são três: fluxos externos, internos, perdidos ou reciclados.

Zanini *et al.* (2003) afirmaram que grande parte dos autores que trabalham com balanço energético de sistemas agrícolas classifica a energia consumida na produção sob duas formas: direta e indireta (CAMPOS, 2001; CASTANHO FILHO; CHABARIBERY, 1982; COMITRE, 1993). A energia direta utilizada no processo produtivo inclui os combustíveis fósseis e outras formas de energia derivadas do petróleo,

como lubrificantes, adubos e defensivos agrícolas. Os autores também afirmaram que as energias de origem biológica, como o trabalho humano e animal, e aquelas contidas nas mudas e sementes também devem ser consideradas.

A energia indireta utilizada na agricultura é a energia empregada na fabricação de maquinários, de implementos, de insumos, de construções e de outros *inputs* necessários à produção.

Os fluxos são estimados, conforme orientação de Castanho Filho e Chabariberi (1982) em:

#### 2.7.1.1 Energia injetada na agricultura ou fluxo externo

A energia injetada na agricultura é constituída basicamente pelas energias direta e indireta. A energia direta é constituída da energia fóssil do petróleo, energia hidrelétrica e da energia biológica obtida do trabalho humano e animal. A energia indireta é a utilizada na fabricação de equipamentos agrícolas e construção de imóveis, sendo estimada pela “depreciação energética”, devendo considerar, também, os adubos, corretivos e agrotóxicos.

#### 2.7.1.2 Energia convertida pela agricultura ou fluxo Interno

A energia convertida pela agricultura é “produzida” por meio da absorção da energia solar, indo até a utilização, pelo consumidor, dos diferentes produtos obtidos, passando por uma série de transformações bioquímicas. No início do processo, encontra-se um vegetal, captador de energia solar, que, pela ação da fotossíntese, converte a energia solar em energia utilizável, isto é, transformação de matéria mineral em matéria orgânica. A energia convertida pela agricultura é o resultado composto das energias finais de origem primária, convertidas pelos vegetais, e das

energias de origem secundária, convertidas pelos animais, constituindo-se na energia final aproveitável da agricultura ou da energia agrícola.

#### 2.7.1.3 O fluxo perdido ou reciclado

O fluxo perdido ou reciclado é formado pelas energias não utilizadas durante o processo produtivo, incluindo aquelas que não são aproveitadas pelo homem. São constituídas das energias contidas nos resíduos de culturas agrícolas, nos resíduos de pastagens, nos restos de animais mortos, nos fertilizantes orgânicos, como o esterco. Parte dessa energia é reciclada, ou seja, é reutilizada no processo produtivo.

### 2.8 Índices energéticos ou calóricos

A construção de índices energéticos permite a comparação e a mensuração de relações e grandezas energéticas que entram e saem do agroecossistema” (MELLO, 1986).

São dois os tipos de “entradas” energéticas nos agroecossistemas: energia contida nos insumos culturais e energia em forma de radiação solar. As “saídas” energéticas são consideradas basicamente de um só tipo, isto é, aquelas provenientes de lavouras, animais ou produtos de origem animal (HART, 1980, citado por BUENO, 2002).

Eficiência e produtividade cultural, e eficiência e produtividade ecológica são os índices mais utilizados na literatura. A inclusão ou não da radiação solar como insumo energético a ser contabilizado nos agroecossistemas caracteriza a diferença entre eles. É necessário delimitar o sistema consumidor de energia, optando pela não inclusão dos dados de incidência solar, devido às grandes dificuldades de obtenção de informações precisas e, também, a sua consideração como fonte gratuita de

energia. A seguir são apresentadas as equações para obtenção dos índices energéticos (MELLO, 1986):

$$\text{Eficiência cultural} = \frac{\text{"saídas" úteis}}{\text{"entradas" culturais}} \quad (1)$$

$$\text{Produtividade cultural} = \frac{\text{quantidade de produto}}{\text{"entradas" culturais}} \quad (2)$$

$$\text{Eficiência ecológica} = \frac{\text{"saídas" úteis}}{(\text{radiação solar} + \text{"entradas" úteis})} \quad (3)$$

$$\text{Produtividade ecológica} = \frac{\text{quantidade de produto}}{(\text{radiação solar} + \text{"entradas" culturais})} \dots (4)$$

Vários autores optaram pela não observação da incidência solar em seus trabalhos. São eles: Pimentel *et al.* (1973); Beber (1989); Comitre (1993); Campos (2001); Romero (2005); Almeida (2007). Diante da dificuldade de mensuração da energia contida na incidência solar, esta investigação não trabalhou com índices que utilizam esse tipo de energia.

Segundo Bueno (2002), as quantidades de produtos são expressos em unidades de massa (kg), e as saídas energéticas, as entradas culturais e a radiação solar são expressas em unidades energéticas (kcal; Joule).

Outro índice que apresenta um desempenho energético de um agroecossistema, representando a diferença entre a energia útil que deixa o agroecossistema e a energia cultural que entra no processo produtivo, denominado de energia cultural líquida, conforme Mello (1986):

$$\text{Eficiência cultural líquida} = \text{"saídas" úteis} - \text{"entradas" culturais} \quad (5)$$

Risoud (1999) utiliza índices que captam o uso de energias renováveis nos agroecossistemas, denominados de balanço energético e

eficiência energética, buscando a relação entre sustentabilidade e análises energéticas de explorações agrícolas.

$$\text{Balanço energético} = \Sigma \text{ energias totais} - \Sigma \text{ das "entradas" de energia não - renováveis} \quad (6)$$

$$\text{Eficiência energética} = \frac{\Sigma \text{ energias totais}}{\Sigma \text{ das "entradas" de energia não - renováveis}} \quad (7)$$

O presente estudo adotou os índices eficiência cultural, eficiência energética, energia cultural líquida e balanço energético como referências para análise.

## 2.9 Matriz energética

Depois de escolhidos os índices a serem utilizados, é importante definir as “entradas” e as “saídas” de energia do agroecossistema. A definição se inicia pela descrição e quantificação das unidades, de massa, volume e tempo, quais sejam quilogramas, litros e horas de trabalho, respectivamente, que se apresentam no agroecossistema, também chamadas de exigências físicas do sistema produtivo (BUENO, 2002).

As exigências, que são os coeficientes técnicos adequados à produção, devem ser correlacionadas a unidades dimensionais de área, ou seja, metro quadrado, hectare, visando à obtenção de dados e índices individualizados, como também permitir estabelecer comparações entre agroecossistemas (BUENO, 2002).

Para que isso aconteça de forma correta, é necessário proceder a uma conversão dos coeficientes técnicos das exigências físicas apresentadas em unidades ou coeficientes energéticos. A conversão desses coeficientes técnicos e a sua inclusão nos fluxos de energia estabelecidos determinarão uma matriz de “entradas” e “saída” energéticas que comporá o agroecossistema estudado (BUENO, 2002).

## 2.9.1. Entradas energéticas

### 2.9.1.1 Energia direta de origem biológica

#### 2.9.1.1.1 Mão de obra

Em conformidade com Risoud (1999), a forma de contabilizar o trabalho do ser humano em termos energéticos e a sua inclusão em matrizes energéticas estão longe de ser um consenso na comunidade científica, mesma opinião de Campos (2001), ainda que a importância da mão de obra seja inquestionável principalmente em países periféricos e em agroecossistemas não convencionais.

Segundo Bueno (2002), há várias formas de se contabilizar o gasto energético do trabalho humano na agricultura, sendo que todas as variações observadas nos coeficientes referentes a gastos calóricos de trabalho humano derivam da aplicação de diferentes metodologias e de análises de sua quantificação.

Carvalho *et al.* (1974) desenvolveram, em Portugal, um trabalho objetivando resultados válidos e de mais fácil aplicação. Conforme esses autores, H. Bramsel, do Instituto de Fisiologia do Trabalho de Dortmund, partindo de medições da quantidade consumida de oxigênio, propôs metodologia para avaliação de gastos energéticos de trabalhadores na zona de Dois Portos. No processo de cálculo levou em consideração a classificação das atividades profissionais em oito grupos, sendo que agricultores, soldadores e marceneiros fizeram parte do mesmo grupo, no qual as despesas energéticas representavam 13/6 do chamado metabolismo basal referente a um dia de 24 horas.

Conforme esses autores, o método referido apresenta muitas imprecisões por agrupar profissões, e não atividades, no cálculo das necessidades energéticas. Além disso, os valores apresentados por

Bramsel, designado de “método rigoroso”, são restritos àquelas condições específicas de trabalho estudadas.

Com o objetivo de aperfeiçoar e ampliar a aplicação do “método rigoroso”, pesquisadores sugerem que a análise do dispêndio energético passe a ser realizada com base nos efetivos tempos gastos nas diferentes operações ou ocupações profissionais do indivíduo, o mesmo acontecendo com o tempo de trabalho e ocupações não profissionais, refeições, deslocamentos, entretenimento, etc. (BUENO, 2002).

Esse método, designado “método simplificado”, torna-se efetivo por intermédio da coleta de dados, tais como: massa corporal, altura, idade e gênero dos trabalhadores e utilização de valores referentes à duração média das atividades desenvolvidas pelos trabalhadores objeto do estudo (BUENO, 2002).

Carvalho *et al.* (1974) compararam resultados entre os “métodos rigoroso e simplificado”, utilizando, para isso, trabalho na sub-região de Torres, dominada pela cultura da uva, concluindo que não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre eles, validando, assim, o “método simplificado”.

Diante do exposto e procedendo às adaptações necessárias, o cálculo dos dispêndios energéticos dos trabalhadores no agroecossistema apresentado no presente trabalho seguiu metodologicamente o “método simplificado”, descrito anteriormente.

#### 2.9.1.1.2 Sementes e mudas

Na literatura, há vários trabalhos que consideram a energia atribuída ao material de propagação, particularmente sementes, como sendo superior ao observado no produto final, ou seja, o grão. Essa afirmativa baseia-se nos maiores custos energéticos em campos de produção de sementes, ou seja, de mais alta tecnologia empregada (BUENO, 2002).

Para Bueno (2002), os valores correspondentes a coeficientes energéticos da semente de milho divergem muito. Variam entre 3.400 e 7.500 kcal.kg<sup>-1</sup>, o que levou a considerar o índice proposto por Pimentel *et al.* (1973) de 7.936,65 kcal.kg<sup>-1</sup>, partindo do dobro do custo energético do grão colhido em função de maiores esforços para a produção. Uma referência mundial muito próximo ao de Beber (1989) de 7.750 kcal.kg<sup>-1</sup> de semente de milho híbrido.

No caso da semente de sorgo, que o coeficiente energético é de 3.928 kcal.kg<sup>-1</sup> (ROSTAGNO, 2005) de grão colhido, considerou-se então para esse trabalho o valor energético de 7.856 kcal.kg<sup>-1</sup>, seguindo o mesmo raciocínio de Pimentel *et al.* (1973), ou seja, partindo do dobro do custo energético do grão colhido, em virtude de maiores esforços necessários à produção de sementes melhoradas.

#### 2.9.1.1.3 Produção animal

A eficiência de utilização de energia pelo ruminante pode ser expressa em termos de unidade de produção por unidade de alimento consumido. Deve-se salientar que a utilização de energia pelo animal varia com o tipo de alimento consumido: alimentos volumosos possuem menor quantidade de energia disponível, isto é, energia digestível, metabolizável ou líquida, quando comparados com alimentos concentrados (PEIXOTO *et al.*, 1993).

A energia bruta de um alimento é a energia liberada na forma de calor quando uma substância orgânica é completamente oxidada a dióxido de carbono e água (RESENDE *et al.*, 2006).

Andriguetto *et al.* (1990) classificam a energia dos alimentos de consumo animal em: energia digestível, energia metabolizável e energia líquida.

A energia digestível pode ser determinada a partir da energia bruta dos alimentos, menos a fração perdida por meio dos produtos eliminados

nas fezes. Essa perda de energia nas fezes é oriunda da energia contida na fração metabólica fecal, desprendida na forma de sucos gástricos e descamações do trato intestinal, etc.

A energia metabolizável pode ser entendida como a parte restante da energia digestível que é aproveitada pelo organismo animal, sendo que uma porção é perdida por meio dos gases, como o metano, formado a partir de fermentações no rúmen e intestino. Parte também é perdida por meio da urina, no caso de substâncias que não são completamente oxidadas. A energia metabolizável compreende, portanto, a diferença entre energia bruta e as perdas ocorridas por meio das fezes, da urina e de gases. Nos trabalhos de digestão e absorção dos alimentos, parte da energia metabolizável é perdida pelo organismo. Para a digestão dos alimentos o animal exerce um trabalho mecânico de pressão, mastigação, regurgitação, evacuação e as atividades das glândulas são intensificadas.

A energia metabolizável vai construir a energia líquida, a qual é realmente aproveitada pelo organismo para diferentes funções: crescimento, manutenção, produção, reprodução e trabalho muscular.

A energia bruta contida nos alimentos pode ser expressa em calorias (cal) ou em joule (J). Essa energia é liberada na forma de calor quando os alimentos são completamente oxidados.

#### 2.9.1.2 Energia direta de origem fóssil

##### 2.9.1.2.1 Combustível, óleo lubrificante e graxa

Segundo Bueno (2002), a maior parte dos pesquisadores adota os coeficientes calóricos para óleo diesel, óleo lubrificante e a graxa, valor intrínseco correspondente, ou seja, não contabiliza os custos energéticos de sua extração e refino.

Serra *et al.* (1979); Cervinka (1980), citado por Bueno (2002); Romero (2005) e Almeida (2007) destacam a necessidade de acrescentar

14% ao poder calorífico dos combustíveis (gasolina e óleo diesel), face aos custos calóricos para a sua obtenção. Não se discutiram valores de acréscimo para óleos lubrificante e graxa.

De acordo com Brasil (2008), o coeficiente energético para o óleo diesel foi igual a  $8.484 \text{ kcal.L}^{-1}$ , multiplicado pelo fator 1,14, referente à relação insumo-produção, observada nos estudos de Serra *et al.* (1979) e Cervinka (1980), citado por Romero (2005); para os óleos lubrificantes,  $8.905,6 \text{ kcal.L}^{-1}$  e para a graxa,  $10.200 \text{ kcal.kg}^{-1}$ .

### 2.9.1.3 Energia de origem industrial

#### 2.9.1.3.1 Máquinas e implementos

Bueno (2002) relata que há muitas dificuldades na obtenção de valores precisos em relação à energia contida em máquinas e em implementos agrícolas.

Pimentel *et al.* (1973), ao analisarem a produção de alimentos e crise energética, utilizaram o valor de  $19.941 \text{ kcal.kg}^{-1}$  de maquinário.

Makhijani; Poole (1975), citados por Bueno (2002) admitem que 1 kg de bens acabados de aço equivale a 17.500 kcal, em um estudo relacionando energia e agricultura no Terceiro Mundo.

Costa *et al.* (2006), relata que o coeficiente energético adotado para o aço inox, principal componente do tanque de resfriamento de leite, é  $19.098,12 \text{ kcal.kg}^{-1}$ .

Segundo Doering III (1980) citado por Basso (2007), a energia contida numa máquina agrícola é classificada em três categorias: a) energia contida na matéria-prima; b) energia contida nas peças de reparo; c) manutenção durante a vida útil da máquina. A soma desses três fatores é equivalente ao total calórico contido num determinado trator agrícola.

Para a fabricação de um trator ou demais maquinarias agrícolas, é necessário um total de 20.808 kcal para cada quilo produzido (FAO, 1976).

Beber (1989) determinou o valor dos quilogramas depreciados para máquinas, equipamentos e implementos agrícolas, partindo da massa, vida útil e tempo de utilização de cada um desses na propriedade, o qual foi expresso na equação:

$$\text{Kg depreciado} = \frac{\text{massa (kg)} \cdot 10\%}{\text{vida útil (h)} \times \text{tempo de utilização (h)}} \quad (8)$$

Comitre (1993), ao fazer a avaliação energética e econômica do sistema agroalimentar soja da região de Ribeirão Preto – SP, calculou como energia indireta à de origem industrial para máquinas, colhedoras e implementos agrícolas somente a energia relativa ao valor adicionado na fabricação, do qual 5% são referentes ao reparo e 12%, de acréscimo de manutenção. Os coeficientes utilizados para tratores e colhedoras foram  $3.494 \text{ Mcal.t}^{-1}$  e  $3.108 \text{ Mcal.t}^{-1}$ , respectivamente. Para os pneus, o coeficiente utilizado foi de  $20.500 \text{ Mcal.t}^{-1}$ . No caso de implementos agrícolas, todas as operações compreendidas até o plantio, ou seja, cultivo primário, a autora adotou o coeficiente energético de  $2.061 \text{ Mcal.t}^{-1}$ , e para as demais operações pós-plantio, isto é, cultivo secundário, o valor foi de  $1.995 \text{ Mcal.t}^{-1}$ . Com base nesses valores, foi utilizada a seguinte equação para expressar o valor energético de tratores, colhedoras, implementos e equipamentos:

$$\text{Energia indireta para máquinas e implementos} = \frac{a + b + c + d}{\text{vida útil (h)}} \quad (9)$$

Onde

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

b = 5% de "a";

c = número de pneus X peso dos pneus X coeficiente energético de referência; e

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

No presente trabalho, a equação e os coeficientes calóricos adotados para o cálculo da depreciação energética das máquinas e implementos foram os mesmos adotados por Comitre (1993); Bueno (2002).

#### 2.9.1.3.2 Corretivos de solo

O coeficiente energético adotado para o calcário, principal agente usado para a correção do solo, varia muito, conforme pode ser observado por diversos autores. Comitre (1993), Castanho Filho e Chabariberi (1982) adotaram o valor de 40 kcal.kg<sup>-1</sup>. Já Campos (2001) utilizou o coeficiente energético de 54,69 kcal.kg<sup>-1</sup>, depois de percorrido uma distância de 60 km.

Segundo Bueno (2002), o coeficiente energético adotado por Pimentel (1980) foi de 315 kcal.kg<sup>-1</sup> para a cal utilizada como corretivo de solo. O mesmo valor foi utilizado por Beber (1989), após análise de diversos autores, incluindo, além de Pimentel *et al.* (1973), Pimentel (1980); Quesada *et al.* (1987).

#### 2.9.1.3.3 Fertilizantes químicos

Conforme relata Bueno (2002), ao se tratar de adubação com macronutrientes tanto para plantio quanto para cobertura, vários são os índices energéticos adotados. Esse autor, citando Malavolta (1979), diz que a composição de uma mistura de adubos de forma geral é apresentada por uma série de três números, sendo que o primeiro se refere à porcentagem de nitrogênio, o segundo número se refere à porcentagem de fósforo e o terceiro, à porcentagem de potássio. O autor informa ainda que o nitrogênio do adubo expressa o teor de N total; já o fósforo é expresso em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e o potássio é expresso em K<sub>2</sub>O.

Para Campos (2001), os valores dos fertilizantes químicos são os seguintes: "N" igual a 17.432,4 kcal.kg<sup>-1</sup>; "P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>" igual a 3.104,4 kcal.kg<sup>-1</sup>; e "K<sub>2</sub>O" igual a 2.149,2 kcal.kg<sup>-1</sup>. Para a determinação do conteúdo energético

do fertilizante, é necessário multiplicar as quantidades efetivas dos elementos ativos, isto é, valor líquido de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, dado em kg, pelo valor energético correspondente. Zanini *et al.* (2003) utilizaram valores semelhantes.

Já Bueno (2002) adotou os seguintes coeficientes energéticos para os fertilizantes “N”, 14.930 kcal.kg<sup>-1</sup>, indicado por Felipe Júnior (1984) para adubos nitrogenados; já para o “P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>”, 2.300 kcal.kg<sup>-1</sup>, apresentado por Lockeretz (1980), para adubos fosfatados e para o “K<sub>2</sub>O”, 2.200 kcal.kg<sup>-1</sup> coeficiente apontado por Cox; Hartkins (1979), para adubos potássicos. Os mesmos valores foram adotados neste trabalho.

De acordo com Romero (2005), na conversão de unidades físicas em equivalentes energéticos, recomenda-se acrescentar 0,50 MJ.kg<sup>-1</sup> de fertilizantes aplicados, referente ao gasto energético no transporte marítimo, em virtude da grande quantidade de adubo importado. O percentual de importação de cada fertilizante foi calculado a partir de tabelas de importações apresentadas pela Associação Nacional para Difusão de Adubo (ANDA, 2004), referentes ao ano de 2003 e seus respectivos percentuais, conforme QUADRO 1:

QUADRO 1

Porcentagem média de importação de alguns fertilizantes no Brasil, 2003

Fertilizantes	Percentual médio de importação
N	70,36
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	51,56
K <sub>2</sub> O	90,73
Sulfato de amônio	87,80

Fonte: ANDA, 2003/2004.

#### 2.9.1.3.4 Agrotóxicos

Zanini *et al.* (2003) consideraram o valor energético para o herbicida glifosato no estabelecimento da cultura de milho em plantio direto para produção de silagem, na dose de  $3,31 \text{ L.ha}^{-1}$ ,  $150.910 \text{ kcal.Kg}^{-1}$ . No pós-plantio, foi aplicado o herbicida Atrazinax, na dose de  $6,01 \text{ L.ha}^{-1}$ , com valor de  $88.091,14 \text{ kcal.kg}^{-1}$ . Para inseticida, foi aplicado o Lorsbam 480, na proporção de  $1,5 \text{ L.ha}^{-1}$ , seu valor correspondente foi de  $86.851,53 \text{ kcal.kg}^{-1}$ .

Romero (2005), citando Mello (2000), adotou os coeficientes energéticos para herbicidas de  $83.090 \text{ kcal.kg}^{-1}$ ; para inseticida o valor de  $74.300 \text{ kcal.kg}^{-1}$  e de  $21.340 \text{ kcal.kg}^{-1}$ , para formicida. Nesses coeficientes, foram considerados a produção, a formulação e o transporte. No presente estudo, foram adotados esses valores como referência.

#### 2.9.1.3.5 Energia contida nas edificações rurais

Calcular precisamente a composição energética das instalações e construções rurais é considerado muito complexo (CAMPOS, 2001). Para Comitê (1993), devido às extremas variações em tipos de construções, material empregado nas construções, área construída e nível de renda do proprietário, etc., ficou muito difícil determinar o padrão médio das edificações rurais. Essa autora relata, ainda, que encontrar coeficientes energéticos para todos os materiais utilizados na fabricação de uma construção, compatível com a realidade rural brasileira, representa uma tarefa extremamente difícil.

Doering III (1980), citado por Campos (2001) relata que não havia análises detalhadas dos vários tipos de estruturas empregadas no meio rural. Esse autor sugere a utilização de valores de  $1.496.232 \text{ kcal.m}^{-2}$  para residências e  $409.041 \text{ kcal.m}^{-2}$  para construções de serviço norte-americanas.

Já Mello (1986), citado por Campos (2001) optou por adotar, em seu trabalho, o valor de  $64.800 \text{ kcal.m}^{-2}$ , tendo em vista que as edificações rurais brasileiras são construídas por proprietários de renda inferior à renda dos produtores norte americanos e que as edificações norte-americanas são mais preparadas para as variações climáticas, conseqüentemente, são necessárias maiores quantidades de energia para a construção.

Campos (2001) chegou ao coeficiente energético de  $140.224,04 \text{ kcal.m}^{-2}$ , em trabalho com galpão para armazenamento de feno na EMBRAPA Gado de Leite em Minas Gerais.

Pellizzi (1992), citado por Campos (2001), diz que as construções rurais utilizadas para produção de leite contabilizam de 5 a 11% do consumo específico de energia global.

## 2.10 Saídas energéticas

A produção física obtida multiplicada pelo seu valor calórico é considerada como saídas energéticas (*outputs*). Castanho Filho e Chabaribery (1982) desconsideram o valor energético dos “restos culturais” no cômputo da produção física, pela sua usual incorporação ao solo e conseqüente reaproveitamento no processo produtivo.

Como saídas energéticas (*outputs*) a produção física média do leite “cru” ou “in natura” obtida foi multiplicada pelo seu valor calórico determinado por Castanho Filho e Chabaribery (1982) como sendo de  $630 \text{ Kcal.Kg}^{-1}$ .

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho analisou o agroecossistema da produção de leite bovino no ano agrícola 2008/2009 na Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro (FEHAN), do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Regional de Montes Claros/MG.

A FEHAN possui uma área de 232 ha. Localiza-se a 7 Km do centro da cidade. Montes Claros situa-se a uma latitude de 16° 43' 41" sul e a uma longitude de 43° 52' 54" oeste. A sua altitude média é de 646 metros. Possui uma área de 3.576,76 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 350 mil habitantes (IBGE, 2007). O clima é considerado seco e quente, com precipitação anual média de 1.049,8<sup>1</sup> milímetros.

A FIG. 2 mostra a localização geográfica do município de Montes Claros em Minas Gerais:

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Meteorologia - INMET – 5<sup>o</sup> DISME – SEOMA.

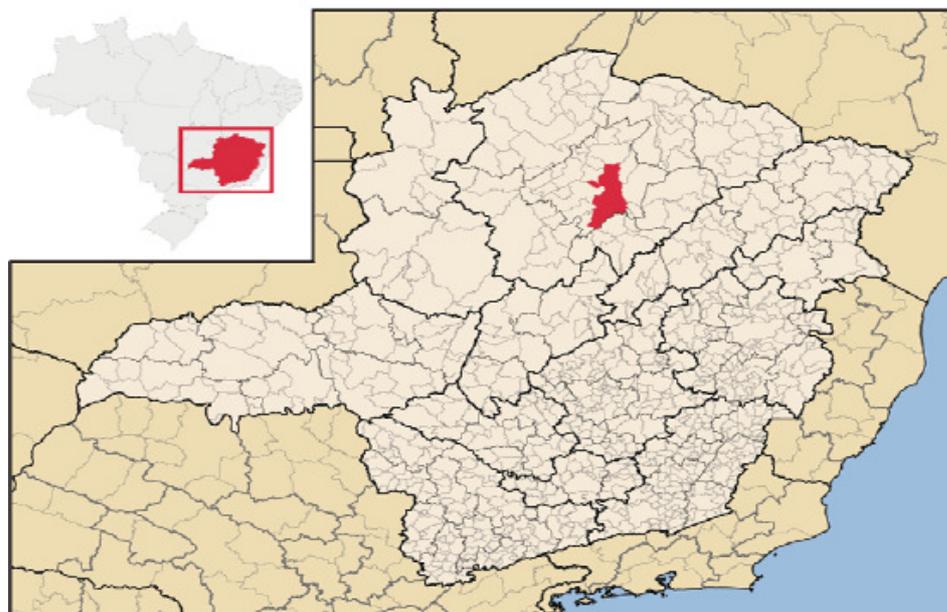


FIGURA 2 - Localização geográfica do município de Montes Claros – MG  
Fonte: Disponível em: [www.skyscrapercity.com](http://www.skyscrapercity.com).

Na FEHAN, os animais são criados no sistema de produção semi-intensivo, onde, no período das águas, que vai de novembro a abril, os animais são manejados em piquetes de capim *Brachiaria decumbens*, no período da noite e silagem de sorgo com ração concentrada, durante o dia. Nos período de seca, que compreende os meses de maio a outubro, são confinados, recebendo alimentação à base de silagem de sorgo e ração concentrada em tempo integral.

Todos os animais são da raça holandesa, registrados na Associação Mineira de Criadores de Gado Holandês. O rebanho tem uma idade média de seis anos, com número de crias médio de 2,4 crias por vaca. A produção média por vaca em lactação por dia foi de 13,16 litros, com um volume anual total de 110.474,55 litros de leite, no ano agrícola 2008/2009. Fato importante e que teve influência direta na produção de leite no ano agrícola estudado foi que, no ano agrícola anterior, ou seja,

2007/2008 o Norte de Minas Gerais passou por um período de seca muito intensa, sendo considerada a pior seca dos últimos 30 anos, o que afetou negativamente o desempenho reprodutivo e conseqüentemente a produção de leite no ano agrícola estudado, ou seja, 2008/2009. Os animais produtores de leite da Fazenda utilizam uma área de 34 hectares, incluindo piquetes e área para produção de sorgo para silagem.

Nesta pesquisa, foram utilizados dados provenientes de fontes primárias, isto é, trabalhadores rurais da FEHAN, e secundárias o Instituto de Economia Agrícola (IEA-SP). O itinerário técnico do agroecossistema da produção leiteira e as informações referentes à produção foram obtidos por meio do acompanhamento direto, de relatos verbais e da aplicação de formulários especificamente elaborados<sup>2</sup>.

A fim de se atingir o objetivo proposto, foram considerados quatro indicadores de eficiência no agroecossistema estudado: eficiência cultural, eficiência energética, energia cultural líquida e balanço energético.

Cada operação foi descrita, no sentido de identificar e especificar a quantidade e o tipo de máquinas e implementos utilizados, os insumos empregados e a mão de obra envolvida determinando individualmente a massa, a altura, idade e gênero dos trabalhadores. Foi determinado também o tempo de operação por etapa e por área (hectare), a jornada de trabalho, os coeficientes de tempo de operação por área, isto é, o rendimento, os respectivos consumos de combustíveis, lubrificantes e graxas, além da quantificação de mão de obra utilizada por operação. Posteriormente, foi realizada a conversão das diversas unidades físicas em unidades energéticas. O sistema de estudo foi delimitado até o momento em que o leite é recolhido pela empresa de laticínio, ou seja, o estudo compreende todas as operações de produção de leite dentro da Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro (FEHAN) no ICA-UFMG.

---

<sup>2</sup> O projeto de pesquisa foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP) conforme Parecer N<sup>o</sup> ETIC 164/09.

A unidade utilizada em estudos de eficiência energética é o Joule e seus múltiplos. Neste trabalho, foi adotado 0,2388 como índice de conversão de Joule (J) em caloria (cal) e 4,1868 na conversão de caloria em Joule.

### 3.1 Mão de obra

Com relação ao cálculo de energia utilizada pelos trabalhadores rurais nas operações do itinerário técnico, foi adotada a metodologia descrita por Carvalho *et al.* (1974) e utilizada por Bueno (2002); Romero (2005); Basso (2007).

De posse dos dados dos trabalhadores (massa, altura, idade) foi determinado o gasto energético no repouso (GER) ou metabolismo basal (MB) de cada agricultor, por intermédio das equações 10 e 11 Mahan; Escott-Stump (1998), citados por Bueno (2002) a seguir. As equações expressam o GER em kJ.

$$\text{GER} = 278,42 + 57,57P + 20,93A - 28,39 I \text{ para o gênero masculino} \quad (10)$$

$$\text{GER} = 2.742,35 + 40,03P + 7,75A - 19,59 I \text{ para o gênero feminino} \quad (11)$$

Sendo:

P = massa corporal (kg);

A = altura (cm);

I = idade (anos completos).

A metodologia utilizada seguiu Carvalho *et al.* (1974), em que a necessidade calórica diária final é a somatória da divisão em três períodos: tempo de sono, tempo de trabalho e tempo de ocupações não profissionais, isto é, refeições, higiene, distrações, deslocamento. Calculou-se então X/6 do GER, mantendo-se inalteradas as frações correspondentes ao tempo de

sono (2/6 do GER de 24h) e ocupações não profissionais (3/6 do GER de 24h). O período de 24h é então dividido em três. Quando o período de trabalho excedia as 8 horas, esse tempo excedido foi retirado do tempo das operações não profissionais preservando o tempo de repouso (sono).

Foi apresentada uma relação entre o tempo de trabalho gasto em cada operação por unidade de área. Assim o dispêndio final pôde ser apresentado em MJ.ha<sup>-1</sup>.

Tendo em vista que as operações e seus detalhamentos exigem níveis diferentes de dispêndio energético, adotaram-se valores apresentados por Carvalho *et al.* (1974), para atividades similares. Conforme QUADRO 2, as atividades não similares foram, então, correspondidas pela experiência dos agricultores em ordem decrescente de sensação de dispêndio de energia, conforme relata Bueno (2002).

QUADRO 2  
Dispêndio de energia de agricultores por tipo de trabalho agrícola, em função correspondente ao GER.

<b>Tipo de trabalho</b>	<b>Dispêndio de energia</b>
Condução de trator	3/6 do GER de 24 h
Pulverizar com equipamento manual motorizado	5/6 do GER de 24 h
Envarar parreira	6/6 do GER de 24 h
Pulverizar com equipamento manual dorsal, poda	7/6 do GER de 24 h
Colocação de tutores, plantio de batatas	8/6 do GER de 24 h
Colheita e capina de batatas	9/6 do GER de 24 h
Coveamento	14/6 do GER de 24 h

Fonte: Adaptado de CARVALHO *et al.* (1974).

O QUADRO 3 apresenta as relações adotadas entre as atividade e as frações de energia dispendida no trabalho original de Carvalho *et al.* (1974) e as adaptações comparativas realizadas por Bueno (2002).

**QUADRO 3.**  
Comparativo de dispêndio de energia de agricultores por tipo de trabalho agrícola, em fração correspondente ao GER,  
em ordem crescente

<b>TIPO DE TRABALHO</b>		Dispêndio de energia
<b>Carvalho <i>et al.</i> 1974</b>	<b>Comparativo dos agricultores</b>	
Conduzir trator	Condução de trator, colhedora e caminhão	3/6 do GER de 24h
Atomização com canhão	Plantio e adubação	5/6 do GER de 24h
Empa	Adubação de cobertura	6/6 do GER de 24h
Atomização de dorso, poda, poda (talha), vindima	Transporte de sementes e adubo	7/6 do GER de 24h
Colocar tutores, aplicação de herbicida (pulverização de dorso), fornecer calda e plantar batatas ao rego	Aplicação de calcário	8/6 do GER de 24h
Raspa, sachar batatas, tapar enxertias e espetar paus	Capina natural	9/6 do GER de 24h
Abrir covas para fixação de esteios, cavas	Capina com tração animal	14/6 do GER de 24h

Fonte: BUENO (2002).

### 3.2 Sementes

O material genético utilizado na Fazenda Experimental do ICA-UFMG na safra 2008/2009 para produção de silagem foi a semente de sorgo forrageiro volumax, na quantidade de 8 kg por hectare.

No caso da semente de sorgo, considera-se, nesse trabalho, o valor energético de 7.856 kcal.kg<sup>-1</sup>, seguindo o mesmo raciocínio de Pimentel et al. (1973), ou seja, partindo do dobro do custo energético do grão colhido, em virtude de maiores esforços necessários à produção de sementes melhoradas. As operações de semeadura e adubação de plantio foram realizadas pelo mesmo equipamento.

### 3.3 Ração concentrada para os animais

O conhecimento da composição dos alimentos e da proporção desses alimentos na formulação da ração concentrada em dieta de vacas em lactação é fundamental para determinar a quantidade de energia bruta presente no concentrado. Os principais alimentos constituintes da ração concentrada das vacas em lactação do ICA-UFMG foram: o milho grão, com 3.933 kcal.kg<sup>-1</sup> (ROSTAGNO, 2000), o farelo de soja, com 4.094 kcal.kg<sup>-1</sup> (ROSTAGNO, 2000) e uma fonte de nitrogênio não protéico, representada pela uréia, com 14.930 kcal.kg<sup>-1</sup> de "N" (BUENO, 2002). O QUADRO 4 ilustra as proporções de cada componente, na formulação da ração concentrada.

QUADRO 4  
Proporção dos ingredientes da ração concentrada para vacas em lactação  
no ICA-UFMG

Ingredientes da ração	Proporção (%)	Kg.ha <sup>-1</sup>	MJ.ha <sup>-1</sup>
Milho grão	70	758,14	12.484,05
Farelo de soja	25	270,76	4.641,03
Uréia	2	21,66	1.353,94
Sal mineral*	3	32,49	-

Nota: \* Não foi calculado o dispêndio energético do sal mineral.

O valor calórico do concentrado para vacas em lactação na Fazenda Experimental do ICA-UFMG foi de 4.075,2 kcal.kg<sup>-1</sup>, com um consumo total no ano agrícola 2008/2009 de 36.824 kg de ração concentrada.

O rebanho de vacas produtoras de leite da Fazenda Experimental do ICA-UFMG é composto por 30 vacas, das quais 76% em média estão em lactação, pesando 508 kg cada, ou seja, 1,13 Unidade Animal (U.A.). Com isso, a taxa de lotação média por hectare é de praticamente 1 U.A., ou seja, multiplicando-se 1,13 U.A. por 30 vacas, ter-se-á um total de 33,9 U.A., numa área total destinada à exploração leiteira de 34 hectares. Tal fato permite deduzir que o consumo médio de ração por hectare foi de 1.083,05 kg.ha<sup>-1</sup> ano.

### 3.4 Combustível, óleo lubrificante e graxa

Para a determinação do consumo de óleo diesel, lubrificante e graxa, foi realizado o acompanhamento das operações mecanizadas, com anotações dos consumos e medições *in loco*, além da obtenção de informações nos manuais dos fabricantes dos tratores e implementos utilizados.

Para o óleo diesel, foi utilizado o valor de  $8.484 \text{ kcal.L}^{-1}$ , multiplicado pelo fator 1,14 ( $9.671,8 \text{ kcal.L}^{-1}$ ), óleos lubrificantes  $8.905,6 \text{ kcal.L}^{-1}$  e graxa  $10.200 \text{ kcal.kg}^{-1}$  (BRASIL, 2008).

### 3.5 Fertilizantes

Para fertilizantes químicos, foram adotados, conforme Bueno (2002), os seguintes índices:  $14.930 \text{ kcal.kg}^{-1}$ , para “N”;  $2.300 \text{ kcal.kg}^{-1}$ , para “ $\text{P}_2\text{O}_5$ ”; e  $2.200 \text{ kcal.kg}^{-1}$ , para “ $\text{K}_2\text{O}$ ”.

### 3.6 Máquinas e implementos

A equação para o cálculo de depreciação de máquinas e de implementos foi a mesma utilizada por Comitre (1993); Bueno (2002); Romero (2005). Os coeficientes calóricos adotados foram de  $2.061 \text{ Mcal.t}^{-1}$  para aqueles equipamentos utilizados em todas as operações até o plantio ou semeadura, isto é, cultivo primário e  $1.995 \text{ Mcal.t}^{-1}$ , para as demais operações pós-plantio ou semeadura, ou seja, cultivo secundário. De posse desses valores, utilizou-se a equação 9 para calcular o valor energético de tratores, de implementos, de colhedoras e de equipamentos:

$$\text{Energia indireta para máquinas e implementos} = \frac{a + b + c + d}{\text{vida útil (h)}} \dots\dots\dots(12)$$

Onde:

a = peso das máquinas e implementos X coeficiente de referência;

b = 5% de “a”;

c = número de pneus X peso X coeficientes energético de referência;

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

Nas operações que compõem o itinerário técnico, foram utilizados três tratores das seguintes marcas e modelos: Massey Ferguson 275 4x2,

com potência de 75 CV; Massey Ferguson 291 4x4, com potência 100 CV e trator Valmet 68 4x2, com potência de 65 CV.

A massa final “em ferro” de cada um dos três tratores foi calculada a partir do peso de embarque do trator, informado nos respectivos catálogos.

Segundo Borges (2001) citado por Bueno (2002) o peso de embarque é definido como o peso do trator, sem contrapesos, sem água nos pneus, sem operador e tanque de combustível, com somente 20 litros de óleo diesel (informação verbal)<sup>3</sup>

No caso de óleos lubrificantes, os locais, as especificações, o volume e o momento de troca do trator e dos implementos utilizados no itinerário técnico, foram consideradas as especificações técnicas contidas nos manuais e nos respectivos catálogos. Por meio de relatos verbais e de recomendações dos fabricantes, definiu-se o gasto com graxa, o número de pontos e injeções por ponto.

### 3.7 Agrotóxicos

Para herbicidas, foram utilizados 83,09 Mcal.kg<sup>-1</sup>, inseticida 74,30 Mcal.kg<sup>-1</sup> e formicida 21,340 Mcal.kg<sup>-1</sup>. Nesses coeficientes, estão considerados os gastos energéticos com a produção, a formulação, a embalagem e o transporte. Esses valores foram os mesmos utilizados por Romero (2005).

### 3.8 Ordenhadeira mecânica e resfriador de leite

O equipamento de ordenha utilizado na Fazenda Experimental do ICA-UFMG é da marca Westfalia, com quatro conjuntos de teteiras, motor de 3 CV, pesando 60 kg. O tanque de resfriamento possui a capacidade de 2.070 litros de leite, com motor de 5 CV e peso de 440 kg. O coeficiente

---

<sup>3</sup> BORGES, S. (Valtra do Brasil S. A.). Comunicação pessoal, 2001

energético utilizado para o aço inox, principal componente do tanque de resfriamento de leite, foi o mesmo usado por Costa *et al.* 2006, sendo de 79,96 MJ.kg<sup>-1</sup>.

A conversão da energia elétrica consumida pela ordenhadeira e pelo tanque de resfriamento em unidades energéticas foi realizada por meio da equação 13, utilizada por Nascimento (2007):

$$\text{TEFE} = 0,745 \cdot 3,6 \text{ POTU} \quad (13)$$

Em que:

TEFE = Total de Energia sob Forma Elétrica (MJ);

PO = potência em (HP);

TU = tempo de utilização (h);

0,745 = índice de conversão do Horse Power (HP) para quilowatt (kW);

3,6 = índice de conversão de quilowatt (kW) em megajoule (MJ).

### 3.9 Energia contida nas edificações rurais

Para calcular a energia contida nas construções e nas instalações rurais, foi utilizado o coeficiente calculado por Campos (2001): 140.224,04 kcal.m<sup>-2</sup>.

As instalações rurais na FEHAN utilizadas pela exploração leiteira compreendem: uma sala de ordenha, curral de espera, sala de resfriamento de leite e currais de alimentação, todos com uma área total de 430 m<sup>2</sup>. Foi considerada no presente estudo, para cálculo da depreciação energética uma vida útil das instalações rurais de 50 anos (HOFFMANN, 1987) e 34 hectares foram utilizados para a exploração leiteira.

#### 4 SAÍDAS ENERGÉTICAS

Foi considerada como saída energética (*output*) a produção física obtida, ou seja, o leite multiplicado pelo seu valor calórico  $630 \text{ Kcal.L}^{-1}$  (CASTANHO FILHO; CHABARIBERY, 1982).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram apresentados e discutidos em duas etapas, visando a atingir os objetivos propostos e facilitar a compreensão.

A primeira etapa abrangeu cada uma das diversas operações do itinerário técnico do agroecossistema leiteiro e demonstrou a participação das diversas operações em unidades energéticas por unidade de área.

A segunda etapa apresentou a estrutura de dispêndios energéticos, eficiência energética, energia cultural líquida, balanço energético e eficiência cultural.

### 5.1 Operações do itinerário técnico

#### 5.1.1 Gradagem aradora

Na operação de preparo de solo, foi utilizada a grade aradora da marca Baldan de 14 discos, conforme FIG. 3.



FIGURA 3 - Grade aradora Baldan® 14 discos  
Fonte: Arquivo do autor.

Na operação de gradagem aradora, destacou-se a elevada utilização de energia direta de fonte fóssil, representada principalmente pelo óleo diesel (TAB. 1).

TABELA 1  
Entrada de energia por tipo, fonte e forma, em MJ.ha<sup>-1</sup>, e participações percentuais na operação de gradagem aradora

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais	
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>622,39</b>	<b><u>95,46</u></b>
Biológica	0,82	100,00
Mão de obra	0,82	100,00
Fóssil	621,57	100,00
Óleo diesel	607,41	97,72
Lubrificante	9,06	1,46
Graxa	5,10	0,82
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>29,62</b>	<b><u>4,54</u></b>
Industrial	29,62	100,00
Trator	18,53	62,56
Grade aradora	11,09	37,44
<b>TOTAL</b>	<b>652,01</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

Nessa atividade, houve uma importante participação do item trator e pequena participação do implemento, isto é, da grade aradora na composição da energia indireta, no caso específico da energia de fonte industrial, como pode ser visto na TAB. 1.

Outro fato observado é que a energia de origem biológica, representada pela mão de obra, participou de forma pouco representativa em termos percentuais.

### 5.1.2 Gradagem niveladora

O preparo de solo foi totalmente mecanizado e na operação de nivelamento foi utilizada a grade niveladora da marca Machesan com 28 discos, conforme FIG. 4.



FIGURA 4 - Grade niveladora Machesan® de 28 discos  
Fonte: Arquivo do autor.

Na operação de gradagem niveladora, observou-se elevada utilização de energia do tipo direta, com maior utilização da energia de fonte fóssil, representada principalmente pelo consumo de óleo diesel. A fonte de energia biológica, representada pela mão de obra, teve pouca participação no dispêndio energético desta atividade.

Com relação à participação da energia do tipo indireta na operação de gradagem niveladora, essa teve uma menor participação, com 3,40%, sendo que o maior percentual se deve à depreciação do trator e, em menor proporção, à depreciação do implemento.

TABELA 2  
Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ.ha<sup>-1</sup>, e participações percentuais na operação de gradagem niveladora

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais		
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)	(%)
ENERGIA DIRETA	291,66		96,60
Biológica	0,54	100,00	
Mão de obra	0,54	100,00	
Fóssil	291,12	100,00	
Óleo diesel	283,46	97,37	
Lubrificante	5,03	1,73	
Graxa	2,63	0,90	
ENERGIA INDIRETA	10,26		3,40
Industrial	10,26	100,00	
Trator	5,43	52,92	
Grade niveladora	4,83	47,08	
<b>TOTAL</b>	<b>301,92</b>		<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

### 5.1.3 Plantio e adubação

O plantio foi mecanizado, realizado por meio de semeadora adubadora (FIG. 5), em dezembro de 2008. O equipamento foi regulado com espaçamento entre linhas de 0,50 m, com 8 kg de semente de sorgo por hectare, além de 350 kg de adubo 4-30-10 por hectare.



FIGURA 5 - Semeadora adubadora PST Plus<sup>®</sup> da marca Machesan utilizada para o plantio do sorgo  
Fonte: Arquivo do autor.

Conforme observado na TAB. 3, na atividade de plantio e adubação nota-se a superioridade do tipo de energia indireta com 63,58% sobre a energia do tipo direta 36,42%.

TABELA 3  
Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ.ha<sup>-1</sup>, e participações percentuais na operação de plantio e adubação

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais		
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)	(%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>1.317,62</b>		<b>36,42</b>
Biológica	265,10	100,00	
Mão de obra	1,97	0,74	
Sementes	263,13	99,26	
Fóssil	1.052,52	100,00	
Óleo diesel	1.012,35	96,18	
Lubrificante	15,10	1,43	
Graxa	25,07	2,39	
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>2.299,86</b>		<b>63,58</b>
Industrial	2.299,86	100,00	
Trator	30,88	1,34	
Semeadora	12,61	0,55	
Adubo químico	2.256,37	98,11	
<b>TOTAL</b>	<b>3.617,48</b>		<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

Com relação à energia do tipo direta, a energia de fonte biológica representada pela mão de obra, teve uma pequena participação, porém a energia de fonte fóssil teve grande participação, principalmente devido ao consumo elevado de óleo diesel.

Na energia do tipo indireta, houve uma importante participação da depreciação do trator, frente à depreciação do implemento. Porém a grande diferença na atividade de plantio e adubação se refere à participação dos

adubos formulados, representando um grande gasto energético na atividade.

#### 5.1.4 Combate à formiga

A atividade de combate à formiga é realizada de acordo com a necessidade, ou seja, depende da infestação e do dano econômico causado pela praga na lavoura.

Essa operação, dentre todas do itinerário técnico foi a que apresentou maior desproporcionalidade entre os tipos de energia direta e indireta, conforme pode ser observado na TAB. 4.

TABELA 4  
Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ.ha<sup>-1</sup>, e participações percentuais na operação de combate a formiga

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais	
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)
ENERGIA DIRETA	0,44	0,49
Biológica	0,44	100,00
Mão de obra	0,44	100,00
ENERGIA INDIRETA	89,35	99,51
Industrial	89,35	100,00
Formicida	89,35	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>89,79</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

Nessa operação, a energia direta é representada apenas pela mão de obra, e participa com apenas 0,49% do total do dispêndio energético.

No caso da energia indireta, representada pela energia de origem industrial, participa com 99,51% do total do dispêndio energético.

### 5.1.5 Aplicação de herbicida

A aplicação de herbicida foi totalmente mecanizada, realizada com equipamento de pulverização em barra, conforme mostra a FIG. 6.



FIGURA 6 - Equipamento usado para aplicação de herbicida  
Fonte: Arquivo do autor.

A TAB. 5 demonstra que a energia do tipo direta, com 12,49%, teve uma menor participação na composição do dispêndio energético, quando comparada com a energia do tipo indireta 87,51%.

TABELA 5  
Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ.ha<sup>-1</sup>, e participações percentuais na operação de aplicação de herbicida

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais	
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>249,02</b>	<b>12,49</b>
Biológica	1,02	100,00
Mão de obra	1,02	100,00
Fóssil	248,00	100,00
Óleo diesel	242,96	97,97
Lubrificante	2,78	1,12
Graxa	2,26	0,91
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>1.744,53</b>	<b>87,51</b>
Industrial	1.744,53	100,00
Trator	4,72	0,27
Pulverizador de barra	0,41	0,02
Herbicida	1.739,40	99,71
<b>TOTAL</b>	<b>1.993,55</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

Nessa atividade de controle de plantas indesejáveis, observou-se uma grande entrada de energia do tipo indireta, principalmente relacionada ao uso do herbicida, representando cerca de 99,71% do total da energia de fonte industrial. A depreciação do trator e do implemento teve pequena participação percentual na composição da energia indireta.

Com relação à energia direta, houve uma maior participação de energia de fonte fóssil, principalmente devido ao consumo do óleo diesel. Já a energia de fonte biológica, representada pela mão de obra, teve pouca participação no dispêndio energético nessa atividade.

### 5.1.6 Adubação em cobertura

A operação de adubação em cobertura foi totalmente mecanizada, utilizando um cultivador adubador da Marca Machesan, conforme FIG. 7.



FIGURA 7 - Cultivador adubador<sup>®</sup> da marca Machesan  
Fonte: Arquivo do autor.

Uma considerável desproporcionalidade foi observada entre a energia do tipo direta e indireta na operação de adubação em cobertura. O principal responsável por esse fato foi a participação, com elevado gasto energético do adubo químico.

No que diz respeito à energia direta, o óleo diesel apresentou-se como principal componente do dispêndio energético, já a mão de obra foi o

componente na estrutura de dispêndio da energia direta com menor participação, como pode ser observado na TAB. 6.

TABELA 6  
Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ.ha<sup>-1</sup>, e participações percentuais na operação de adubação em cobertura

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais	
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)
ENERGIA DIRETA	374,66	11,66
Biológica	0,69	100,00
Mão de obra	0,69	100,00
Fóssil	373,97	100,00
Óleo diesel	364,45	97,45
Lubrificante	4,18	1,12
Graxa	5,34	1,43
ENERGIA INDIRETA	2.837,43	88,34
Industrial	2.837,43	100,00
Trator	7,08	0,25
Cultivador adubador	1,57	0,06
Adubo químico	2.828,78	99,69
<b>TOTAL</b>	<b>3.212,09</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

#### 5.1.7 Colheita mecânica

O equipamento usado na operação de colheita mecânica foi a ensiladora da marca Nogueira, modelo pecus 9004, conforme FIG. 8.



FIGURA 8 - Ensiladora de forragem Pecos 9004<sup>®</sup> – Nogueira  
Fonte: Arquivo do autor.

Nessa operação do itinerário técnico, pode-se observar, de acordo com a TAB. 7, que o gasto com energia do tipo direta, com 96,53% foi muito superior, quando comparada com o gasto de energia do tipo indireta, com 3,47%.

TABELA 7  
Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ.ha<sup>-1</sup>, e participações percentuais na operação de produção de silagem - colheita mecânica

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais	
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>1.501,36</b>	<b>96,53</b>
Biológica	2,51	100,00
Mão de obra	2,51	100,00
Fóssil	1.498,85	100,00
Óleo diesel	1.457,78	97,26
Lubrificante	24,16	1,61
Graxa	16,91	1,13
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>53,98</b>	<b>3,47</b>
Industrial	53,98	100,00
Trator	49,40	91,52
Ensiladora	4,58	8,48
<b>TOTAL</b>	<b>1.555,34</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

O dispêndio de energia do tipo fóssil foi a maior responsável na composição dos gastos energéticos dessa operação, principalmente devido ao grande consumo de diesel.

Com relação ao dispêndio de energia indireta, a depreciação energética do trator teve destaque 91,52%, quando comparada com a depreciação energética do implemento 8,48%.

#### 5.1.8 Produção de silagem – transporte

Nessa operação de produção de silagem, a qual compreende o transporte do material colhido até os silos para a compactação, pode-se

observar a grande participação do óleo diesel na composição dos dispêndios energéticos de origem fóssil. Por ser uma operação mecanizada, a mão de obra teve pequena participação no dispêndio energético da energia do tipo direta.

Com relação à composição do dispêndio energético da energia indireta, a depreciação do trator teve uma importante participação em relação à participação do implemento, conforme TAB. 8.

TABELA 8  
Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ.ha<sup>-1</sup>, e participações percentuais na operação de produção de silagem – transporte

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais	
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	994,1	97,28
Biológica	1,74	100,00
Mão de obra	1,74	100,00
Fóssil	992,36	100,00
Óleo diesel	971,85	97,93
Lubrificante	11,11	1,12
Graxa	9,40	0,95
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	27,79	2,72
Industrial	27,79	100,00
Trator	18,88	67,94
Carreta agrícola	8,91	32,06
<b>TOTAL</b>	<b>1.021,89</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

#### 5.1.9 Produção de silagem – compactação

Na operação de produção de silagem – compactação, observa-se que a energia do tipo indireta é representada apenas pela depreciação

energética do trator, pois, na compactação do silo, não é utilizado nenhum implemento agrícola.

Nota-se na TAB. 9 um desequilíbrio entre o dispêndio energético direto, com 98,17%, em relação ao dispêndio energético indireto, com 1,83%, principalmente devido ao consumo de óleo diesel.

TABELA 9  
Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ.ha<sup>-1</sup>, e participações percentuais na operação de produção de silagem - compactação

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais	
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>291,20</b>	<b>98,17</b>
Biológica	0,40	100,00
Mão de obra	0,40	100,00
Fóssil	290,80	100,00
Óleo diesel	283,46	97,48
Lubrificante	5,03	1,73
Graxa	2,31	0,79
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>5,43</b>	<b>1,83</b>
Industrial	5,43	100,00
Trator	5,43	100
<b>TOTAL</b>	<b>296,63</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

#### 5.1.10 Arraçoamento

A operação de arraçoamento compreende todas as etapas de distribuição de ração, desde o enchimento da carreta agrícola no silo até a distribuição nos cochos para os animais, ou seja, gasto energético com ração concentrada, mão de obra, depreciação energética e gasto com

combustível e lubrificantes. O trator utilizado foi o Valmet 68 e o implemento, uma carreta agrícola, conforme FIG. 9:



FIGURA 9 – Arraçoamento  
Fonte: Arquivo do autor.

Observa-se, na TAB. 10, na operação de arraçoamento, um desequilíbrio entre os dispêndios energéticos direto e indireto, com 99,96% e 0,04%, respectivamente. O consumo de ração concentrada à base de milho, soja e uréia foi o maior responsável pela desproporcionalidade apresentada entre o gasto com energia do tipo direta e indireta.

TABELA 10  
Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ.ha<sup>-1</sup>, e participações percentuais na operação de aração

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais	
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>18.728,40</b>	<b>99,96</b>
Biológica	18.480,40	100,00
Mão de obra	0,84	0,005
Ração concentrada	18.479,56	99,995
Fóssil	248,00	100,00
Óleo diesel	242,96	97,97
Lubrificante	2,78	1,12
Graxa	2,26	0,91
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>6,95</b>	<b>0,04</b>
Industrial	6,95	100,00
Trator	4,72	67,91
Carreta agrícola	2,23	32,09
<b>TOTAL</b>	<b>18.735,35</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

A mão de obra apresentou pequena participação na composição do dispêndio energético da energia do tipo direta de origem biológica, já entre as energias de origem fóssil, o óleo diesel foi o que mais contribuiu energeticamente.

#### 5.1.11 Roçada mecânica de pasto

A operação de roçada de pastagem foi realizada com trator Massey Ferguson 275 4x2 e o implemento usado foi a roçadora de arrasto SP1 da marca Inroda, conforme FIG. 15



FIGURA 10 - Roçadora de arrasto SP1 – Inroda®  
Fonte: Arquivo do autor.

Como pode ser visto na TAB. 11, nesta operação o consumo de óleo diesel novamente foi o destaque, representando 97,25% da energia de origem fóssil. A energia de origem biológica, representada pela mão de obra apresentou pequena participação no dispêndio da energia direta.

TABELA 11  
Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ.ha<sup>-1</sup>, e participações percentuais na operação de roçada mecânica de pasto

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais	
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>438,29</b>	<b>97,61</b>
Biológica	1,06	100,00
Mão de obra	1,06	100,00
Fóssil	437,23	100,00
Óleo diesel	425,19	97,25
Lubrificante	8,20	1,87
Graxa	3,84	0,88
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>10,72</b>	<b>2,39</b>
Industrial	10,72	100,00
Trator	8,15	76,03
Roçadora	2,57	23,97
<b>TOTAL</b>	<b>449,01</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

Houve, novamente, desequilíbrio entre os tipos de energia direta e indireta, com 97,61% e 2,39%, respectivamente.

A depreciação energética do trator foi o principal componente do dispêndio energético da energia do tipo indireta, participando com 76,03% e a depreciação energética do implemento participou apenas com 23,97%.

#### 5.1.12 Energia contida nas construções rurais

A depreciação energética contida nas instalações rurais foi de 5.048,97 MJ por ano, ou de 148,50 MJ.ha<sup>-1</sup> por ano ou ainda de 168,30 MJ por vaca por ano. Nesse item, a totalidade do dispêndio energético foi de energia indireta.

### 5.1.13 Ordenha mecânica/resfriamento de leite



FIGURA 11 - Sala de ordenha e resfriador de leite.  
Fonte: Arquivo do autor.

Observa-se, na TAB. 12, que há um grande desequilíbrio entre a participação da energia direta e indireta na composição do dispêndio energético da ordenha mecânica e resfriamento de leite com 0,20% e 99,80%, respectivamente.

TABELA 12  
Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ.ha<sup>-1</sup>, e participações percentuais na operação de ordenha mecânica e resfriamento de leite

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais	
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>3,58</b>	
Biológica	3,58	100,00
Mão de obra	3,58	100,00
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>1.747,30</b>	
Industrial	1.747,30	100,00
Ordenhadeira/Tanque Resf.	336,49	19,26
Energia elétrica	1.410,81	80,74
<b>TOTAL</b>	<b>1.750,88</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

Pode-se observar, ainda, que a depreciação da ordenha mecânica e do tanque de resfriamento de leite participou com 19,26% na composição do dispêndio de energia indireta, já a energia elétrica participou com 80,74%.

Com relação ainda à operação de ordenha mecânica e ao resfriamento de leite, foi considerado também o manejo sanitário do rebanho como atividade do mesmo trabalhador rural. O tempo necessário para a atividade de ordenha é de cerca de 6 horas diárias e com manejo sanitário de 2 horas por dia.

## 6 PARTICIPAÇÃO DAS OPERAÇÕES DO ITINERÁRIO TÉCNICO

Na TAB. 13, verifica-se a participação das operações que compõem o itinerário técnico da produção de leite em unidades energéticas por unidade de área e participações de cada operação em porcentagem:

TABELA 13  
Participação das operações do itinerário técnico no agroecossistema leite em MJ.ha<sup>-1</sup>. ICA-UFMG, safra 2008/2009

Operação	Participação energética no agroecossistema	
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)
Gradagem aradora	652,01	1,93
Gradagem niveladora	301,92	0,89
Plantio e adubação	3.617,48	10,69
Combate à formiga	89,79	0,27
Aplicação de herbicida	1.993,55	5,89
Adubação em cobertura	3.212,09	9,50
Colheita mecânica	1.555,34	4,60
Produção de Silagem – Transporte	1.021,89	3,02
Produção de Silagem - Compactação	296,63	0,88
Arraçoamento	18.735,35	55,39
Roçada mecânica de pasto	449,01	1,33
Energia nas construções rurais	148,50	0,44
Ordenha e resfriamento de leite	1.750,88	5,18
<b>TOTAL</b>	<b>33.824,44</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados de pesquisa de campo, ano agrícola 2008/2009.

Analisando a TAB. 13, pode-se observar, com relação à participação global nas entradas de energia no agroecossistema estudado, que a energia da operação de arraçoamento apresentou maior percentual, com cerca de 55%. Isso devido ao fato dos constituintes da ração concentrada serem muito calóricos. As operações de plantio e adubação, e

adubação em cobertura representaram, juntas, mais de 20% das entradas energéticas, devido em grande parte, ao uso dos fertilizantes. A ordenha mecânica e o tanque de resfriamento de leite foi outra operação do itinerário técnico que teve uma participação significativa na composição dos dispêndios energéticos, com 5,18%.

Diferente de Pellizzi (1992), citado por CAMPOS (2001) que afirma que as construções rurais utilizadas para produção de leite contabilizaram de 5 a 11% do consumo específico de energia global, no presente estudo participou com apenas 0,44%. Vale ressaltar que não estão computados neste estudo, os dispêndios energéticos das cercas utilizadas para contenção dos animais.

A GRÁF. 6 ilustra a participação de cada operação do itinerário técnico na composição dos dispêndios energéticos na produção de leite da FEHAN – ICA/UFMG:

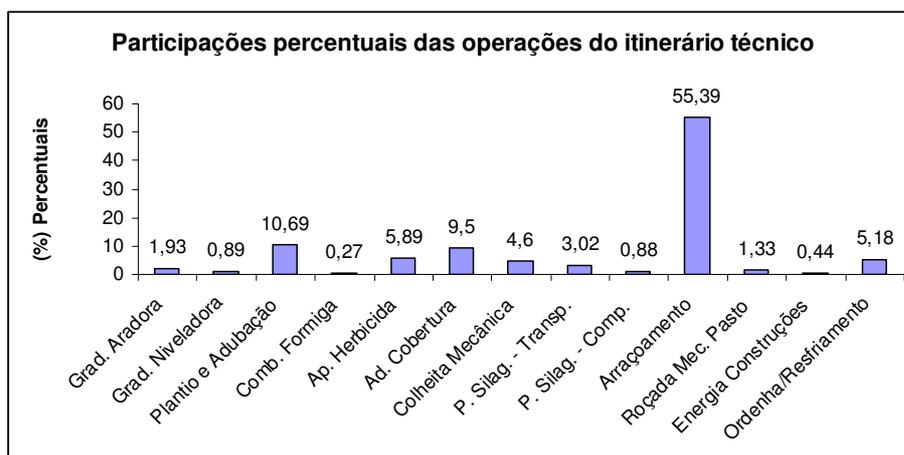


GRÁFICO 6 - Participações das operações no itinerário técnico

## 7 ESTRUTURA DOS DISPÊNDIOS ENERGÉTICOS

A produção de leite, no ano agrícola 2008/2009, na Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro do ICA-UFMG, foi de 110.474,55 litros de leite, o que representa uma produtividade de 3.249,25 litros.ha<sup>-1</sup> por ano. A energia bruta obtida, ou seja, as “saídas” úteis com a produção física de leite por hectare foi de 8.570,49 MJ.ha<sup>-1</sup>.

De acordo com a TAB. 14 e a GRÁF. 6, as energias direta e indireta participaram com 73,73% e 26,27%, respectivamente. Diferentemente da Basso (2007), que não computou a ração concentrada em seu estudo, a energia direta teve maior participação, devido, principalmente, ao elevado gasto energético com ração, insumo fundamental para se conseguir a produtividade alcançada no presente estudo.

TABELA 14  
Estrutura dos dispêndios energéticos, por tipo, fonte e forma e energia bruta do agroecossistema leiteiro da FEHAN no ICA-UFMG, ano agrícola 2008/2009 em MJ.ha<sup>-1</sup>

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais		
	(MJ.ha <sup>-1</sup> )	(%)	(%)
<b><u>ENERGIA DIRETA</u></b>	<b><u>24.812,72</u></b>		<b><u>73,36</u></b>
<b><u>Biológica</u></b>	<b><u>18.758,3</u></b>	<b><u>100%</u></b>	
Mão de obra	15,61	0,08	
Sementes	263,13	1,40	
Ração concentrada	18.479,56	98,52	
<b><u>Fóssil (c)</u></b>	<b><u>6.054,42</u></b>	<b><u>100%</u></b>	
Óleo diesel	5.891,87	97,32	
Lubrificante	87,43	1,44	
Graxa	75,12	1,24	
<b><u>ENERGIA INDIRETA</u></b>	<b><u>9.011,72</u></b>		<b><u>26,64</u></b>
<b><u>Industrial</u></b>	<b><u>9.011,72</u></b>	<b><u>100%</u></b>	
Máquinas e implementos	538,51	5,98	
Fertilizantes	5.085,15	56,43	
Herbicida	1.739,40	19,30	
Formicida	89,35	0,99	
Energia elétrica	1.410,81	15,66	
Energia das construções	148,50	1,65	
<b>“Entradas” Culturais (a)</b>	<b><u>33.824,44</u></b>		<b><u>100,00</u></b>
<b>“Saídas” Úteis (b)</b>	<b><u>8.570,49</u></b>		
<b>Eficiência Energética (b/c)</b>	<b>1,42</b>		
<b>Energia Cultural Líquida (b-a)</b>	<b>-25.253,95</b>		
<b>Eficiência Cultural (b/a)</b>	<b>0,25</b>		
<b>Balanco Energético (b-c)</b>	<b>2.516,07</b>		

Fonte: Dados de pesquisa de campo ano agrícola 2008/2009.

A eficiência energética, o balanço energético, a eficiência cultural e a energia cultural líquida são apresentados na TAB. 14, através da estrutura dos dispêndios energéticos.

Os valores energéticos referentes aos tipos de energias dispendidos apresentaram-se bem distintos, conforme pode ser observado na GRÁF. 7.

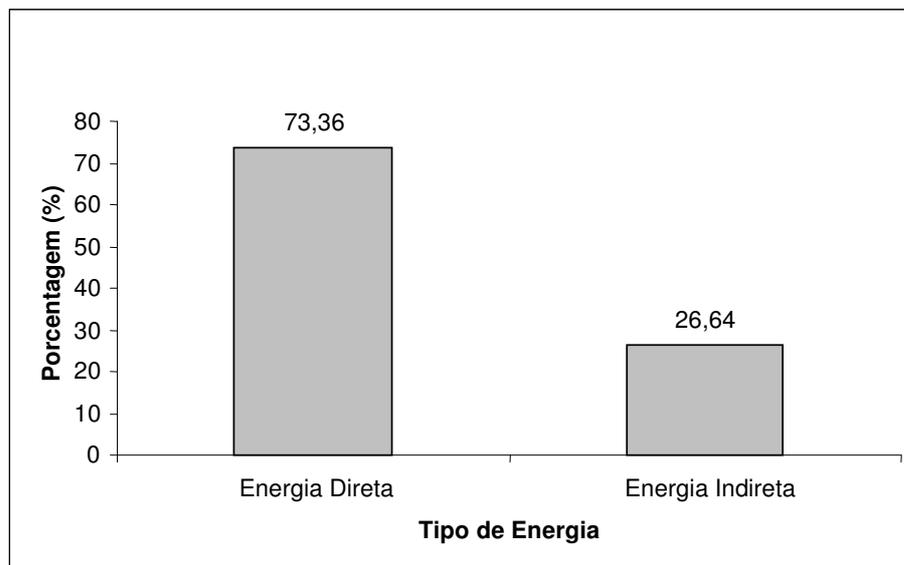


GRÁFICO 7 - Participação das energias direta e indireta na composição do itinerário técnico

Em relação à fonte, a energia de origem biológica participou com cerca de 55%, a de origem fóssil, com cerca de 18% e, finalmente a energia de origem industrial participou com cerca de 27% na composição do dispêndio energético global da produção de leite, conforme pode ser observado na GRÁF. 8. Essa discrepância em relação à energia de fonte biológica se deve ao fato da utilização em grande quantidade da ração concentrada, muito rica em calorias. A ração concentrada é responsável por 98,51% da energia de fonte biológica, enquanto que a mão de obra e as sementes responderam por apenas 1,49%.

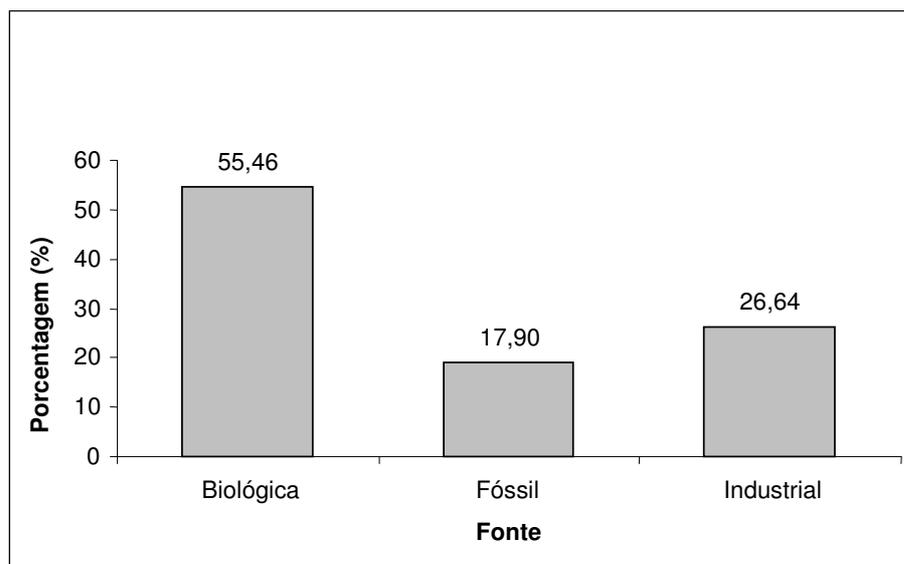


GRÁFICO 8 - Participação em porcentagem das diversas fontes de energia no agroecossistema leite, FEHAN – ICA/UFMG, ano agrícola 2008/2009

## 8 CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos, pode-se concluir que:

- a energia bruta do produto leite obtida foi de  $8.570,49 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ;
- as operações que compõem o itinerário técnico produziram uma eficiência cultural de 0,25, ou seja, seria necessário produzir quatro vezes mais leite sem nenhum gasto adicional de energia para que o agroecossistema estudado fosse sustentável do ponto de vista energético, ou ainda, para produzir uma unidade energética de leite, é necessária, em média, a entrada de 4,0 unidades energéticas no agroecossistema estudado;
- a energia cultural líquida, ligada à produtividade do agroecossistema, atingiu um déficit de  $-25.253,95 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , ou seja, o agroecossistema de produção de leite da FEHAN-ICA/UFMG é ineficiente do ponto de vista energético;
- verificou-se a marcante presença da energia do tipo direta com 73,36%, sendo que, com relação à composição da mesma, a energia de origem biológica participou com 75,60%, devido ao intenso uso de ração concentrada na alimentação das vacas.

Diante do exposto, portanto, é necessário buscar formas de produção mais sustentáveis do ponto de vista energético e que possibilitem o uso racional dos recursos produtivos.

## 9 RECOMENDAÇÕES

- Formular rações concentradas com ingredientes que possuam maior digestibilidade, a fim de aproveitar melhor a energia neles contidas.
- Fazer uso de práticas agrícolas, como, por exemplo, a utilização da adubação verde e uso de biofertilizante, com o intuito de diminuir o uso de fertilizantes químicos.
- Utilizar sempre que possível na alimentação dos animais a pastagem.
- Fazer uso do plantio direto nas lavouras de sorgo para silagem, evitando, assim, a degradação do solo e diminuindo o gasto energético e econômico nas operações de gradagem aradora e gradagem niveladora.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. F. **Avaliação energética econômica da cultura do milho em assentamento rural**. 2007. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2007.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A.; BONA FILHO, A. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 395p.

ANUALPEC: anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP & Consultoria, 2004.

ANUALPEC: anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP & Consultoria, 2006.

ARAÚJO, M. J. **Fundamentos de agronegócio**. São Paulo: Atlas, 2003. p. 51–62.

ASSIS, A. G.; BARBOSA, P. F.; SILVA JÚNIOR, A. G. **Modelagem de sistemas para tomada de decisões na pecuária leiteira**. 2007. Disponível em: <[http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPPE-2009/12447/1/PROCI\(PFB1999.00045\).pdf](http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPPE-2009/12447/1/PROCI(PFB1999.00045).pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2008.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS – ANDA. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2003**. São Paulo: ANDA, 2004. 101 p.

BASSO, Z. F. C. **Análise energética da produção de leite bovino em explorações familiares na região de Botucatu**. 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de concentração em energia na agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2007.

BATTISTON, W. C. **Gado leiteiro: manejo, alimentação e tratamento**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1977. p.191-192.

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

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 51 de 18 de setembro de 2002**. Brasília, DF. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?o\\_peracao=visualizar&id=8932](http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?o_peracao=visualizar&id=8932)>. Acesso em: 28 set.2009.

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

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

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

CARVALHO, A., GONÇALVES, G. G., RIBEIRO, J. J. C. **Necessidades energéticas de trabalhadores rurais e agricultores na sub-região Vitícola de “Torres”**. Oeiras: Instituto Gulbenkian de Ciência, Centro de Estudos de Economia Agrária, 1974. 79 p.

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

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

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

COSTA, R. E.; LORA, E. E. S.; YÁNEZ, E.; TORRES, E. A. Balanço energético preliminar da produção do biodiesel do óleo de palma para as condições do Brasil e da Colômbia. IN: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUIÇÃO E ENERGIA NO MEIO RURAL, 6. 2006, Campinas, SP. **Anais.** Disponível em: <<http://www.nipeunicamp.org.br/agrener/anais/2006/61.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2009.

COX, G. W., HARTKINS, M. D. Energy costs of agriculture. In: AGRICULTURAL ecology. San Francisco, Freeman & Co., 1979. p. 597-629.

DAJOZ, R. **Ecologia geral.** 4. ed. Petrópolis: Vozes, 1983. 472 p.

DOERING III, O. C. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: PIMENTEL, D. (Ed.), **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton, Flórida: CRC Press, 1980. p. 9-14 *apud* BASSO, Z. F. C. **Análise energética da produção de leite bovino em explorações familiares na região de Botucatu.** 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de concentração em energia na agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2007.

DUFUMIER, M. **Les projets de développement agricole:** manuel d'expertise, Paris: CTA-Karthala, 1996.

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

FELIPE JÚNIOR., G. Considerações sobre a evolução da indústria de fertilizantes nitrogenados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 1984, Brasília, DF. **Anais.** Brasília, DF: EMBRAPA-DEP, 1984. p. 21-71.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia:** processos ecológicos em agricultura sustentável. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRRGS, 2005. 653p.

GOMES, S. T. **Diagnóstico da pecuária leiteira do Estado de Minas Gerais em 2005:** relatório de pesquisa. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. 156 p.

GOMES, S. T. Evolução recente e perspectivas da produção de leite no Brasil. In: O AGRONEGÓCIO do leite no Brasil. Juiz de Fora: Embrapa, CNPGL, 2001. p 41-61.

HART, R. D. Una metodologia para analizar sistemas agricolas en terminos energéticos. In: HART, R. D., JIMÉNEZ, T., SERPA R. **Análisis energético de sistemas agrícolas**. Turrialba, Costa Rica: UCR/CATIE, 1980. p.3-14 *apud* BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural**. 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2002.

HESLES, J. B. S. **Objetivos e princípios da análise energética, análise de processos industriais, análise energética: métodos e convenções**. Rio de Janeiro: Preprint AIECOPPE/UFRJ, 1981. 137 p. *apud* BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural**. 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2002.

HOFFMANN, R.; SERRANO, O.; NEVES, E. M.; THAME, A. C. M.; ENGLER, J. J. C. **Administração da empresa agrícola**. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades 2007**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1)>. Acesso em: 04 abr. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2008.

JUNQUEIRA, A. A. B.; CRISCUOLO, P. D.; PINO, F. **O uso da energia na agricultura paulista**. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 1981. 58 p (Relatório de pesquisa, n° 13/81).

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

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

MAHAN, L. K., ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 9. ed. São Paulo: Roca, 1998. 1.179p. *apud* BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural**. 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2002.

MAKHIJANI, A., POOLE, A. **Energy and agriculture in the third world: a report to the Energy Policy Project of the Ford Foundation**. Cambridge: Ballinger, 1975. 168p. *apud* BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural**. 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2002.

MALASSIS, L. **Économie agro-alimentaire I: économie de la consommation et de la production agro-alimentaire**. Paris: Cujas, 1973. 437 p. *apud* SATO, M. **Análise energética da implantação da cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) destinada à produção de sementes: estudo de caso**. 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas (FAC), Universidade Estadual Paulista (UNESP). Botucatu, 2007.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 4. ed. rev. e atual. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 256 p. *apud* BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural**. 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2002.

MELLO, R. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina**. 1986. 13 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). 1986.

MELLO, R. Rumo à sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar em São Paulo: as contas ambientais. **ERA - Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 74-82, jul./set. 2000. *apud* ROMERO, M. G. C. **Análise energética e econômica da cultura de algodão em sistemas agrícolas familiares**. 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas (FAC), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu 2005.

NASCIMENTO, M. D. **Otimização do uso de lenha e cavaco de madeira para produção de energia em agroindústria seropédica.** 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2007.

NEIVA, R. S. **Bovinocultura de leite.** Lavras: UFLA, 1998. 540 p.

NEIVA, R. S. **Produção de bovinos leiteiros.** 2.ed. Lavras: UFLA, 2000. 514 p.

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

PEIXOTO, A. M.; MOURA, S. C.; FARIA, V.P. **Nutrição de bovinos:** conceitos básicos e aplicados. Piracicaba, SP: FEALQ, 1993. 144 p.

PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 52, n. 2, p.111-9, 1992 *apud* CAMPOS, A. T. **Balço energético relativo à produção de feno “coast-cross” e alfafa em sistema intensivo de produção de leite.** 2001. 236 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2001.

PIMENTEL, D. (Ed). **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton, Flórida: CRC Press, 1980. 475p. *apud* BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural.** 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2002.

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

PRADO, D. **Guia metodológico:** diagnóstico de sistemas agrários. Brasília, DF: FAO/INCRA, 1999, 58p. Projeto de Cooperação Técnica.

QUESADA, G. M., BEBER, J. A.C., SOUZA, S. P. de. Balanços energéticos: uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 20-8, 1987 *apud* BEBER, J. A. C. **Eficiência energética e processos de produção em pequenas propriedades rurais**. 1989. 295 f.. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Santa Maria (RS).

RAMOS, W. J. **Curso de bovinocultura**. 6.ed. Campinas, SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 525 p.

RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A M. A.; FERNANDES, M. H. M. R.; Metabolismo de energia. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 311-331.

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

RISOUD, B. Energy **efficiency of various French farming systems**: questions to sustainability. The Netherlands: Wageningen University, 2000. p.18-20. Communication au colloque international "Sustainable energy : new challenges for agriculture and implications for land use".

RISOUD, B. Les domaines d'application de l'analyse énergétique. **Travaux et Innovations**, n. 111, p.29-33, oct. 2004.

ROMERO, M. G. C. **Análise energética e econômica da cultura de algodão em sistemas agrícolas familiares**. 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas (FAC), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu 2005.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2. ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186 p.

SATO, M. **Análise energética da implantação da cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) destinada à produção de sementes**: estudo de caso. 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas (FAC), Universidade Estadual Paulista (UNESP). Botucatu, 2007.

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

SILVA, V.; AMARAL, A. M. P.; ANEQUINI, F. R.; CAMARGO, F. P.; ANDRADE, J. P. S. **Indicadores de eficiência da pequena produção leiteira na região de Bauru.** São Paulo. Instituto de Economia Agrícola. Grupo de pesquisa 7. Agricultura Familiar, 2003. 9 p.

SOUZA, C. F.; TINÔCO, I. F. F.; SARTOR, V. **Instalações para gado de leite:** área CRA/DEA/UFV. 2004. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/ambiagro/arquivo/GadoLeiteOutubro-2004.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2008.

SOUZA, E. **Fundamentos de termodinâmica e cinética química.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 343 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Dairy: world markets and trade.** July 2008. Disponível em: <<http://www.usdabrazil.org.br/>>. Acesso em: 08 mar. 2009.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Dairy: world markets and trade.** Dez 2004. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/dlp2/circular/2004/04-12Dairy/toc.htm>> *apud* GOMES, S. T. **Diagnóstico da pecuária leiteira do Estado de Minas Gerais em 2005:** relatório de pesquisa. Belo Horizonte: GOMES, 2006. 156 p.

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

**APÊNDICES**

## QUADRO 5

Itinerário técnico com suas atividades e suas respectivas áreas na FEHAN

<b>ITINERÁRIO</b>	<b>ATIVIDADES</b>	<b>FEHAN</b>
		área (ha)
Pastagem	Roçada mecânica com trator	18
Silagem de sorgo	Grade aradora	16
	Grade niveladora	16
	Plantio e adubação	16
	Combate a formiga	16
	Aplicação de herbicida	16
	Adubação de Cobertura	16
	Colheita mecânica	16
	Produção de silagem - transporte	16
	Produção de silagem - compactação	16
	Arraçoamento	
	Ordenha e resfriamento de leite	
<b>Área total</b>		<b>34</b>

**QUADRO AP1.** Massa, altura, idade e GER dos agricultores envolvidos nas operações do itinerário técnico do agroecossistema leiteiro - FEHAN - ICA-UFMG produção 2008/2009

**Trabalhador 1**

Operações, número e atividade dos agricultores/as envolvidos	Dados dos agricultores/as				GER (Kcal)	GER (MJ)
	Gênero	Massa (kg)	Altura (cm)	Idade (anos completos)		
1) <b>Ordenha e manejo sanitário</b> Agricultor (1a) ordenhador	Masculino	67	167	42	1.537,99	6,44

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Continuação do Quadro AP1

**Trabalhador 2**

Operações, número e atividade dos agricultores/as envolvidos	Dados dos agricultores/as				GER (Kcal)	GER (MJ)
	Gênero	Massa (kg)	Altura (cm)	Idade (anos completos)		
1) <b>Produção de Silagem</b> Agricultor comum	Masculino	73	188	44	1.711,93	7,17
2) <b>Transporte interno de produção</b> Agricultor comum	Masculino	73	188	44	1.711,93	7,17

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Continuação do QUADRO AP1

**Trabalhador 3**

	Operações, número e atividade dos agricultores/as envolvidos	Dados dos agricultores/as				GER (Kcal)	GER (MJ)
		Gênero	Massa (kg)	Altura (cm)	Idade (anos completos)		
1)	<b>Produção de Silagem</b> Agricultor comum	Masculino	76	188	26	1.875,22	7,85
3)	<b>Transporte interno de produção</b> Agricultor motorista	Masculino	76	188	26	1.875,22	7,85
4)	<b>Roçada com trator</b> Agricultor tratorista	Masculino	76	188	26	1.875,22	7,85

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

**Trabalhador 4**

	Operações, número e atividade dos agricultores/as envolvidos	Dados dos agricultores/as				GER (Kcal)	GER (MJ)
		Gênero	Massa (kg)	Altura (cm)	Idade (anos completos)		
	<b>Grade aradora</b> Agricultor tratorista	Masculino	60	176	49	1.439,28	6,03
	<b>Grade Niveladora</b> Agricultor tratorista	Masculino	60	176	49	1.439,28	6,03
1)	<b>Plantio e adubação</b> Agricultor tratorista	Masculino	60	176	49	1.439,28	6,03
2)	<b>Aplicação de herbicida</b> Agricultor tratorista	Masculino	60	176	49	1.439,28	6,03
3)	<b>Adubação em cobertura</b> Agricultor tratorista	Masculino	60	176	49	1.439,28	6,03
4)	<b>Aplicação de inseticida</b> Agricultor tratorista	Masculino	60	176	49	1.439,28	6,03
5)	<b>Produção de Silagem</b> Agricultor tratorista	Masculino	60	176	49	1.439,28	6,03

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

**Trabalhador 5: Osvaldo**

Conclusão QUADRO API

**Trabalhador 5**

	Operações, numero e atividade dos agricultores/as envolvidos	Dados dos agricultores/as			GER (Kcal)	GER (MJ)	
		Gênero	Massa (kg)	Altura (cm)			Idade (anos completos)
1)	<b>Plantio de Adubação</b> Agricultor comum	Masculino	60	162	65	1.260,80	5,28
2)	<b>Aplicação de herbicida</b> Agricultor comum	Masculino	60	162	65	1.260,80	5,28
3)	<b>Aplicação de inseticida</b> Agricultor comum	Masculino	60	162	65	1.260,80	5,28
4)	<b>Produção de Silagem</b> Agricultor comum	Masculino	60	162	65	1.260,80	5,28
5)	<b>Combate à formiga</b> Agricultor comum	Masculino	60	162	65	1.260,80	5,28

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

**CÁLCULO DO GER**

GER MASCULINO	$66,5 + (13,75 \times P) + (5,0 \times A) - (6,78 \times I)$
GER FEMININO	$665 + (9,56 \times P) + (1,85 \times A) - (4,68 \times I)$

MASSA KG	ALTURA CM	IDADE ANOS	Quantidade de agricultores
85	175	35	1
85	180	32	2
80	180	30	3
75	173	30	4
75	170	40	5
<b>80</b>	<b>176</b>	<b>33</b>	

**QUADRO AP2.** Cálculo das necessidades calóricas referente a 24 horas para cada trabalhador estudado

**Trabalhador 1**

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (1)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	2,15	0,09	0,72
Trabalho					
<b>2. Ordenha e manejo sanitário</b>	8	5/6 do GER (*) 24 h	5,37	0,22	1,79
Ocupações não profissionais	8	3/6 do GER (*) 24 h	3,22	0,13	1,07
<b>Total</b>	<b>24</b>			<b>0,45</b>	<b>3,58</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 6,44 MJ.

**Trabalhador 2**

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor motorista (2)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	2,39	0,10	0,10
Trabalho					
<b>1. Produção de silagem - compactação</b>	11	3/6 do GER (*) 24 h	4,93	0,21	0,21
Ocupações não profissionais	5	3/6 do GER (*) 24 h	2,24	0,09	0,09
<b>Total</b>	<b>24</b>			<b>0,40</b>	<b>0,40</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 7,17 MJ.

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor motorista (2)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	2,39	0,10	0,10
Trabalho					
<b>Arraçoamento</b>	8	3/6 do GER (*) 24 h	3,59	0,15	0,15
Ocupações não profissionais	8	3/6 do GER (*) 24 h	3,59	0,15	0,15
<b>Total</b>	<b>24</b>			<b>0,40</b>	<b>0,40</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 7,17 MJ.

Continuação do QUADRO AP2

**Trabalhador 3**

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor motorista (3)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	2,62	0,11	0,44
Trabalho					
<b>1. Produção de silagem - transporte</b>					
Ocupações não profissionais	11	3/6 do GER (*) 24 h	5,40	0,22	0,90
Ocupações não profissionais	5	3/6 do GER (*) 24 h	2,45	0,10	0,41
<b>Total</b>	<b>24</b>			<b>0,44</b>	<b>1,74</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 7,85 MJ.

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor motorista (3)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	2,62	0,11	0,11
Trabalho					
<b>Arraçoamento</b>					
Ocupações não profissionais	8	3/6 do GER (*) 24 h	3,93	0,16	0,16
Ocupações não profissionais	8	3/6 do GER (*) 24 h	3,93	0,16	0,16
<b>Total</b>	<b>24</b>			<b>0,44</b>	<b>0,44</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 7,85 MJ.

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (3)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	2,62	0,11	0,16
Trabalho					
<b>5. Roçada mecânica de pasto</b>					
Ocupações não profissionais	8	8/6 do GER (*) 24 h	10,47	0,44	0,65
Ocupações não profissionais	8	3/6 do GER (*) 24 h	3,93	0,16	0,25
<b>Total</b>	<b>24</b>			<b>0,71</b>	<b>1,06</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 7,85 MJ.

Continuação do QUADRO AP2

**Trabalhador 4**

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (4)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	2,01	0,08	0,13
Trabalho					
<b>1. Gradagem aradora</b>					
Ocupações não profissionais	8	8/6 do GER (*) 24 h	8,04	0,34	0,50
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>3/6 do GER (*) 24 h</b>	<b>3,02</b>	<b>0,13</b>	<b>0,19</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 6,03 MJ.

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (4)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	2,01	0,08	0,08
Trabalho					
<b>2. Gradagem niveladora</b>					
Ocupações não profissionais	8	8/6 do GER (*) 24 h	8,04	0,34	0,34
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>3/6 do GER (*) 24 h</b>	<b>3,02</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 6,03 MJ.

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (4)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	2,01	0,08	0,21
Trabalho					
<b>3. Plantio e adubação</b>					
Ocupações não profissionais	8	5/6 do GER (*) 24 h	5,03	0,21	0,52
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>3/6 do GER (*) 24 h</b>	<b>3,02</b>	<b>0,13</b>	<b>0,31</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 6,03 MJ.

Continuação do QUADRO AP2

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (4)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	2,01	0,08	0,08
Trabalho					
<b>4. Aplicação de herbicida</b>	8	8/6 do GER (*) 24 h	8,04	0,34	0,34
Ocupações não profissionais	8	3/6 do GER (*) 24 h	3,02	0,13	0,13
<b>Total</b>	<b>24</b>			<b>0,54</b>	<b>0,54</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 6,03MJ.

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (4)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	2,01	0,08	0,13
Trabalho					
<b>5. Adubação em cobertura</b>	8	6/6 do GER (*) 24 h	6,03	0,25	0,38
Ocupações não profissionais	8	3/6 do GER (*) 24 h	3,02	0,13	0,19
<b>Total</b>	<b>24</b>			<b>0,46</b>	<b>0,69</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 6,03 MJ.

Continuação do Quadro AP2

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor motorista (4)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	2,01	0,08	0,34
Trabalho					
<b>6. Colheita mecânica (sorgo/silagem)</b>	11	3/6 do GER (*) 24 h	4,15	0,17	0,69
Ocupações não profissionais	5	3/6 do GER (*) 24 h	1,88	0,08	0,31
<b>Total</b>	<b>24</b>			<b>0,34</b>	<b>1,34</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 6,03 MJ.

Continuação do Quadro AP2

**Trabalhador 5**

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (5)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	1,76	0,07	0,18
Trabalho					
<b>1. Plantio e adubação</b>					
Ocupações não profissionais	8	5/6 do GER (*) 24 h	4,40	0,18	0,46
Total	8	3/6 do GER (*) 24 h	2,64	0,11	0,28
Total	24			0,37	<b>0,92</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 5,28 MJ.

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (5)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	1,76	0,07	0,07
Trabalho					
<b>2. Aplicação de herbicida</b>					
Ocupações não profissionais	8	8/6 do GER (*) 24 h	7,04	0,29	0,29
Total	8	3/6 do GER (*) 24 h	2,64	0,11	0,11
Total	24			0,48	<b>0,48</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 5,28 MJ.

Continuação do Quadro AP2

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (5)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	1,76	0,07	0,07
Trabalho					
<b>3. Combate à formiga</b>					
Ocupações não profissionais	8	7/6 do GER (*) 24 h	6,16	0,26	0,26
Total	8	3/6 do GER (*) 24 h	2,64	0,11	0,11
Total	24			0,44	<b>0,44</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 5,28 MJ.

Continuação do QUADRO AP2

**Trabalhador 5**

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (5)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	1,76	0,07	0,18
Trabalho					
<b>1. Plantio e adubação</b>					
Ocupações não profissionais	8	5/6 do GER (*) 24 h	4,40	0,18	0,46
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>3/6 do GER (*) 24 h</b>	<b>2,64</b>	<b>0,11</b>	<b>0,28</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 5,28 MJ.

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (5)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	1,76	0,07	0,07
Trabalho					
<b>2. Aplicação de herbicida</b>					
Ocupações não profissionais	8	8/6 do GER (*) 24 h	7,04	0,29	0,29
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>3/6 do GER (*) 24 h</b>	<b>2,64</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 5,28 MJ.

Continuação do Quadro AP2

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor tratorista (5)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	1,76	0,07	0,07
Trabalho					
<b>3. Combate à formiga</b>					
Ocupações não profissionais	8	7/6 do GER (*) 24 h	6,16	0,26	0,26
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>3/6 do GER (*) 24 h</b>	<b>2,64</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 5,28 MJ.

Conclusão QUADRO AP2

OCUPAÇÃO	HORAS x DIA <sup>-1</sup>	MJ x 8 HORAS <sup>-1</sup>	MJ x DIA <sup>-1</sup>	MJ x hora <sup>-1</sup>	MJ x ha <sup>-1</sup>
Agricultor motorista (5)					
Tempo de sono	8	2/6 do GER (*) 24 h	1,76	0,07	0,29
Trabalho					
<b>4. Produção de silagem (colheita do sorgo)</b>	11	3/6 do GER (*) 24 h	3,63	0,15	0,61
Ocupações não profissionais	5	3/6 do GER (*) 24 h	1,65	0,07	0,28
<b>Total</b>	<b>24</b>			<b>0,29</b>	<b>1,17</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: (\*) igual a 5,28 MJ.

**QUADRO AP3.** Jornada de trabalho, coeficientes de tempo de operação, mão de obra utilizada, modelo de máquina e/ou implemento, e outros dados de referência por operação do itinerário técnico do agroecossistema leiteiro FEHAN-ICA/UFGM, por hectare, produção 2008/2009

**Trabalhador 1**

**Área: 34 ha**

		<b>OPERAÇÃO</b>
1)	<b>Ordenha e manejo sanitário</b>	
	Horas de trabalho x dia <sup>-1</sup>	8
	Rendimento	1 horas x 15 UA <sup>1</sup>
	Mão de obra envolvida	1 trabalhador
	<b>Ordenhadeira 4 conjs Westfalia/Tanque Resf.</b>	1 horas x 15 UA <sup>1</sup>
	consumo	8 kw x h <sup>1</sup>

Fonte: Dados da pesquisa de campo

**Trabalhador 2**

**Área: 34 ha**

		<b>OPERAÇÃO</b>
1)	<b>Produção de silagem - compactação</b>	
	Horas de trabalho x dia <sup>-1</sup>	11
	Rendimento	1 horas x ha <sup>-1</sup>
	Mão de obra envolvida	1 agricultor tratorista
	<b>Ferramenta utilizada</b>	trator
	Rendimento	1 horas x ha <sup>-1</sup>
2)	<b>Arraçoamento</b>	
	Horas de trabalho x dia <sup>-1</sup>	8
	Rendimento	1 horas x ha <sup>-1</sup>
	Mão de obra envolvida	1 agricultor tratorista
	Ferramenta utilizada	Carreta Agrícola
	Rendimento	1 h x ha <sup>-1</sup>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Continuação QUADRO AP3

**Trabalhador 3**

**Área: 34 ha**

<b>OPERAÇÃO</b>		
1)	<b>Produção de silagem - transporte de sorgo picado</b>	
	Horas de trabalho x dia-	11
	Rendimento	4,0 horas x ha <sup>-1</sup>
	Mão de obra envolvida	1 agricultor tratorista
	<b>Ferramenta utilizada</b>	Carreta Agrícola
	Rendimento	4,0 horas x ha <sup>-1</sup>
2)	<b>Arraçoamento</b>	
	Horas de trabalho x dia <sup>†</sup>	8
	Rendimento	1 hora x ha <sup>-1</sup>
	Mão de obra envolvida	1 agricultor comum
	Ferramenta utilizada	Valmet 68
	Rendimento	1 horas x ha <sup>-1</sup>
3)	<b>Roçada mecânica de pasto</b>	
	Horas de trabalho x dia <sup>†</sup>	8
	Rendimento	1,5 hora x ha <sup>-1</sup>
	Mão de obra envolvida	1 agricultor tratorista
	<b>Implemento</b>	Roçadeira Avaré SP 1

Dados: Pesquisa de campo.

**Trabalhador 4**

**Área: 34 ha**

1)	<b>Grade aradora</b>	
	Horas de trabalho x dia <sup>†</sup>	8
	Rendimento	1,5 hora x ha <sup>-1</sup>
	Mão de obra envolvida	1 agricultor tratorista
	<b>Implemento</b>	Grade aradora de 14 discos Baldan

Continuação QUADRO AP3

2)	<b>Grade Niveladora</b> Horas de trabalho x dia☐ Rendimento Mão de obra envolvida <b>Implemento</b>	8 1 horas x ha <sup>-1</sup> 1 agricultor tratorista Grade niveladora baldan
3)	<b>Plantio e adubação</b> Horas de trabalho x dia☐ Rendimento Mão de obra envolvida <b>Implemento</b>	8 2,5 hora x ha <sup>-1</sup> 1 agricultor tratorista Semeadora TATU PST Plus
4)	<b>Aplicação de herbicida</b> Horas de trabalho x dia☐ Rendimento Mão de obra envolvida <b>Implemento</b>	8 1 horas x ha <sup>-1</sup> 1 agricultor tratorista Pulverizador em barra
5)	<b>Adubação em cobertura</b> Horas de trabalho x dia☐ Rendimento Mão de obra envolvida <b>Implemento</b>	8 1,5 hora x ha <sup>-1</sup> 1 agricultor tratorista Cultivador TATU
6)	<b>Colheita Mecânica (Sorgo/Silagem)</b> Horas de trabalho x dia☐ Rendimento Mão de obra envolvida <b>Implemento</b>	11 4,0 horas x ha <sup>-1</sup> 1 agricultor tratorista Ensiladora

Dados: Pesquisa de campo.

Conclusão QUADRO AP3

**Trabalhador 5**

**Área: 34 ha**

		OPERAÇÃO
1)	<b>Plantio e adubação</b>	
	Horas de trabalho x dia <sup>1</sup>	8
	Rendimento	2,5 hora x ha <sup>-1</sup>
	Mão de obra envolvida	1 agricultor tratorista
	<b>Implemento</b>	Plantadeira TATU PST Plus
2)	<b>Aplicação de herbicida</b>	
	Horas de trabalho x dia <sup>1</sup>	8
	Rendimento	1 horas x ha <sup>-1</sup>
	Mão de obra envolvida	1 agricultor tratorista
	<b>Implemento</b>	Pulverizador em barra
3)	<b>Combate à formiga</b>	
	Horas de trabalho x dia <sup>1</sup>	8
	Rendimento	1 horas x ha <sup>-1</sup>
	Mão de obra envolvida	1 agricultor comum
4)	<b>Produção de Silagem</b>	
	Horas de trabalho x dia <sup>1</sup>	11
	Rendimento	4,0 horas x ha <sup>-1</sup>
	Mão de obra envolvida	1 agricultor tratorista
	<b>Implemento</b>	Ensiladora

Fonte: Dados de pesquisa de campo.

**QUADRO AP4.** Cálculo de consumo de óleo diesel, lubrificante e graxa para os tratores e implementos utilizados.

<b>Diesel</b>					
Operação	Máquina	Quantidade l . ha <sup>-1</sup>	MJ	Kcal . l <sup>-1</sup> Coef. Energ.	Resultado MJ . ha <sup>-1</sup>
1. Grade aradora	Trator Massey Ferguson 291	15,00	0,0041868	9.671,80	<b>607,41</b>
<b>Lubrificante</b>					
Operação	Máquina	Quantidade l . ha <sup>-1</sup>	MJ	Kcal . l <sup>-1</sup> Coef. Energ.	Resultado MJ . ha <sup>-1</sup>
2. Grade aradora	Trator Massey Ferguson 291	0,243	0,0041868	8.905,60	<b>9,06</b>
<b>Graxa</b>					
Operação	Máquina/Implemento	Quantidade kg . ha <sup>-1</sup>	MJ	Kcal . l <sup>-1</sup> Coef. Energ.	Resultado MJ . ha <sup>-1</sup>
3. Grade aradora	Trator Massey 291	0,112	0,0041868	10.200,00	4,78
	Grade aradora Baldan 14 disc	0,0075	0,0041868	10.200,00	0,32
<b>Total</b>					<b>5,10</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Continuação QUADRO AP4

<b>Diesel</b>					
Operação	Máquina	Quantidade	MJ	Kcal . l <sup>-1</sup>	Resultado
		l . ha <sup>-1</sup>		Coef. Energ.	MJ . ha <sup>-1</sup>
1. Grade niveladora	Trator Massey Fergusson 275	7,00	0,0041868	9.671,80	<b>283,46</b>
<b>Lubrificante</b>					
Operação	Máquina	Quantidade	MJ	Kcal . l <sup>-1</sup>	Resultado
		l . ha <sup>-1</sup>		Coef. Energ.	MJ . ha <sup>-1</sup>
2. Grade niveladora	Trator Massey Fergusson 275	0,135	0,0041868	8.905,60	<b>5,03</b>
<b>Graxa</b>					
Operação	Máquina/Implemento	Quantidade	MJ	Kcal . l <sup>-1</sup>	Resultado
		kg . ha <sup>-1</sup>		Coef. Energ.	MJ . ha <sup>-1</sup>
3. Grade niveladora	Trator Massey Fergusson 275	0,054	0,0041868	10.200,00	2,31
	Grade niveladora	0,0075	0,0041868	10.200,00	0,32
<b>Total</b>					<b>2,63</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Continuação QUADRO AP4

<b>Diesel</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina</b>	<b>Quantidade</b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b>	<b>Resultado</b>
		<b>l . ha<sup>-1</sup></b>		<b>Coef. Energ.</b>	<b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
1.Plantio e adubação	Trator Massey Fergusson 291	25,00	0,0041868	9.671,80	<b>1.012,35</b>
<b>Lubrificante</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina</b>	<b>Quantidade</b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b>	<b>Resultado</b>
		<b>l . ha<sup>-1</sup></b>		<b>Coef. Energ.</b>	<b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
2. Plantio e adubação	Trator Massey Fergusson 291	0,405	0,0041868	8.905,60	<b>15,10</b>
<b>Graxa</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina/Implemento</b>	<b>Quantidade</b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b>	<b>Resultado</b>
		<b>kg . ha<sup>-1</sup></b>		<b>Coef. Energ.</b>	<b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
3. Plantio e adubação	Trator Massey 291	0,187	0,0041868	10.200,00	7,99
	Plantadora TATU PST Plus	0,4	0,0041868	10.200,00	17,08
<b>Total</b>					<b>25,07</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Continuação QUADRO AP4

<b>Diesel</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina</b>	<b>Quantidade</b> <b>l. ha<sup>-1</sup></b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b> <b>Coef. Energ.</b>	<b>Resultado</b> <b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
1. Aplicação de herbicida	Trator Valmet 68	6,00	0,0041868	9.671,80	<b>242,96</b>
<b>Lubrificante</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina</b>	<b>Quantidade</b> <b>l. ha<sup>-1</sup></b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b> <b>Coef. Energ.</b>	<b>Resultado</b> <b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
2. Aplicação de herbicida	Trator Valmet 68	0,0745	0,0041868	8.905,60	<b>2,78</b>
<b>Graxa</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina/Implemento</b>	<b>Quantidade</b> <b>kg . ha<sup>-1</sup></b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b> <b>Coef. Energ.</b>	<b>Resultado</b> <b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
3. Aplicação de herbicida	Trator Valmet 68	0,05	0,0041868	10.200,00	2,14
	Pulverizador em barra	0,003	0,0041868	10.200,00	0,13
<b>Total</b>					<b>2,26</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Continuação QUADRO AP4

<b>Diesel</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina</b>	<b>Quantidade</b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b>	<b>Resultado</b>
		<b>l . ha<sup>-1</sup></b>		<b>Coef. Energ.</b>	<b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
1. Adubação de cobertura	Trator Valmet 68	9,00	0,0041868	9.671,80	<b>364,45</b>
<b>Lubrificante</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina</b>	<b>Quantidade</b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b>	<b>Resultado</b>
		<b>l . ha<sup>-1</sup></b>		<b>Coef. Energ.</b>	<b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
2. Adubação de cobertura	Trator Valmet 68	0,112	0,0041868	8.905,60	<b>4,18</b>
<b>Graxa</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina/Implemento</b>	<b>Quantidade</b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b>	<b>Resultado</b>
		<b>kg . ha<sup>-1</sup></b>		<b>Coef. Energ.</b>	<b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
3. Adubação de cobertura	Trator Valmet 68	0,08	0,0041868	10.200,00	3,42
	Cultivador TATU	0,045	0,0041868	10.200,00	1,92
<b>Total</b>					<b>5,34</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Continuação QUADRO AP4

<b>Diesel</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina</b>	<b>Quantidade</b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b>	<b>Resultado</b>
		<b>l . ha<sup>-1</sup></b>		<b>Coef. Energ.</b>	<b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
1. Colheita mecânica	Trator Massey fergusson 291	36,00	0,0041868	9.671,80	<b>1.457,78</b>
<b>Lubrificante</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina</b>	<b>Quantidade</b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b>	<b>Resultado</b>
		<b>l . ha<sup>-1</sup></b>		<b>Coef. Energ.</b>	<b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
2. Colheita mecânica	Trator Massey fergusson 291	0,648	0,0041868	8.905,60	<b>24,16</b>
<b>Graxa</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina/Implemento</b>	<b>Quantidade</b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b>	<b>Resultado</b>
		<b>kg . ha<sup>-1</sup></b>		<b>Coef. Energ.</b>	<b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
3. Colheita mecânica	Trator Massey fergusson 291	0,3	0,0041868	10.200,00	12,81
	Ensiladeira Nogueira Pecu	0,096	0,0041868	10.200,00	4,10
<b>Total</b>					<b>16,91</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Continuação QUADRO AP4

<b>Diesel</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina</b>	<b>Quantidade</b> <b>l. ha<sup>-1</sup></b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b> <b>Coef. Energ.</b>	<b>Resultado</b> <b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
1. Produção de silagem - transporte	Trator Valmet 68	24,00	0,0041868	9.671,80	<b>971,85</b>
<b>Lubrificante</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina</b>	<b>Quantidade</b> <b>l. ha<sup>-1</sup></b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b> <b>Coef. Energ.</b>	<b>Resultado</b> <b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
2. Produção de silagem - transporte	Trator Valmet 68	0,298	0,0041868	8.905,60	<b>11,11</b>
<b>Graxa</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina/Implemento</b>	<b>Quantidade</b> <b>kg . ha<sup>-1</sup></b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b> <b>Coef. Energ.</b>	<b>Resultado</b> <b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
3. Produção de silagem - transporte	Trator Valmet 68	0,21	0,0041868	10.200,00	8,97
	Carreta ACTON 3 TON	0,01	0,0041868	10.200,00	0,43
<b>Total</b>					<b>9,40</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Continuação QUADRO AP4

<b>Diesel</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina</b>	<b>Quantidade</b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b>	<b>Resultado</b>
		<b>l . ha<sup>-1</sup></b>		<b>Coef. Energ.</b>	<b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
1. Produção de silagem(compactação)	Trator Massey Fergusson 275	7,00	0,0041868	9.671,80	<b>283,46</b>
<b>Lubrificante</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina</b>	<b>Quantidade</b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b>	<b>Resultado</b>
		<b>l . ha<sup>-1</sup></b>		<b>Coef. Energ.</b>	<b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
2. Produção de silagem(compactação)	Trator Massey Fergusson 275	0,135	0,0041868	8.905,60	<b>5,03</b>
<b>Graxa</b>					
<b>Operação</b>	<b>Máquina/Implemento</b>	<b>Quantidade</b>	<b>MJ</b>	<b>Kcal . l<sup>-1</sup></b>	<b>Resultado</b>
		<b>kg . ha<sup>-1</sup></b>		<b>Coef. Energ.</b>	<b>MJ . ha<sup>-1</sup></b>
3. Produção de silagem(compactação)	Trator Massey Fergusson 275	0,054	0,0041868	10.200,00	2,31
<b>Total</b>					<b>2,31</b>

Continuação QUADRO AP4					
<b>Diesel</b>					
Operação	Máquina	Quantidade	MJ	Kcal . l <sup>-1</sup>	Resultado
		l . ha <sup>-1</sup>		Coef. Energ.	MJ . ha <sup>-1</sup>
Arraçoamento	Trator Valmet 68	6,00	0,0041868	9.671,80	<b>242,96</b>
<b>Lubrificante</b>					
Operação	Máquina	Quantidade	MJ	Kcal . l <sup>-1</sup>	Resultado
		l . ha <sup>-1</sup>		Coef. Energ.	MJ . ha <sup>-1</sup>
Arraçoamento	Trator Valmet 68	0,075	0,0041868	8.905,60	<b>2,78</b>
<b>Graxa</b>					
Operação	Máquina/Implemento	Quantidade	MJ	Kcal . l <sup>-1</sup>	Resultado
		kg . ha <sup>-1</sup>		Coef. Energ.	MJ . ha <sup>-1</sup>
Arraçoamento	Trator Valmet 68	0,05	0,0041868	10.200,00	2,14
	Carreta ACTON 3 TON	0,003	0,0041868	10.200,00	0,13
Total					<b>2,26</b>
Fonte: Dados da pesquisa de campo.					

Conclusão QUADRO AP4

<b>Diesel</b>					
Operação	Máquina	Quantidade	MJ	Kcal . l <sup>-1</sup>	Resultado
		l . ha <sup>-1</sup>		Coef. Energ.	MJ . ha <sup>-1</sup>
1. Roçada com trator	Trator Massey Ferguson 275	10,50	0,0041868	9.671,80	<b>425,19</b>
<b>Lubrificante</b>					
Operação	Máquina	Quantidade	MJ	Kcal . l <sup>-1</sup>	Resultado
		l . ha <sup>-1</sup>		Coef. Energ.	MJ . ha <sup>-1</sup>
2. Roçada com trator	Trator Massey Ferguson 275	0,202	0,0041868	8.905,60	7,53
	Roçadeira Avaré SP1	0,018	0,0041868	8.905,60	0,67
Total					<b>8,20</b>
<b>Graxa</b>					
Operação	Máquina/Implemento	Quantidade	MJ	Kcal . l <sup>-1</sup>	Resultado
		kg . ha <sup>-1</sup>		Coef. Energ.	MJ . ha <sup>-1</sup>
3. Roçada com trator	Trator Massey Ferguson 275	0,081	0,0041868	10.200,00	3,46
	Roçadeira Avaré SP1	0,009	0,0041868	10.200,00	0,38
Total					<b>3,84</b>

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

**Consumo de lubrificante/hora**

MF 291 4X4	0,162 litros/hora
MF 275 4X2	0,135 litros/hora
Valmet 68	0,0745 litros/hora

**Consumo de Graxa/hora**

MF 291 4X4	0,075 kg/hora
MF 275 4X2	0,054 kg/hora
Valmet 68	0,054 kg/hora

**Consumo de Diesel**

MF 291 4X4	9 litros/hora
MF 275 4X2	7 litros/hora
Valmet 68	6 litros/hora

**Nota: o consumo de diesel varia conforme o tipo de operação**

**QUADRO AP5.** Valor calórico total por hectare dos insumos utilizados no agroecossistema leiteiro. FEHAN - ICA-UFMG 2008/2009.

**FEHAN**

<b>Formulado</b>	<b>Quantidade Formulado</b>	<b>Quantidade Utilizada (Kg/ha)</b>	<b>Resultado</b>		
N	4	350	14,00		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	30	350	105,00		
K <sub>2</sub> O	10	350	35,00		
<b>Total</b>			<b>154,00</b>		
<b>Insumos</b>	<b>(a)</b> (kg x ha <sup>-1</sup> )	<b>(b)</b> (MJ x ha <sup>-1</sup> )	<b>(c)</b>	<b>(d)</b> (MJ x ha <sup>-1</sup> )	<b>(e)</b> (MJ x ha <sup>-1</sup> )
<b>Semente de Sorgo</b>	8,00	263,13			<b>263,13</b>
<b>Herbicidas</b>	5,00	1739,40			<b>1.739,40</b>
<b>Formicida</b>	1,00	89,35			<b>89,35</b>
<b>Fertilizantes</b>					
<u>Uréia</u>	100				
N	45	2812,95	0,70	15,83	<b>2.828,78</b>
Mistura 4-30-10	350				
N	14	875,00	0,70	4,93	<b>879,93</b>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	105	1011,15	0,52	27,07	<b>1.038,22</b>
K <sub>2</sub> O	35	322,35	0,91	15,87	<b>338,22</b>
					<b>2.256,37</b>

(a) "inputs" totais

(b) subtotal calórico de "inputs"

(c) taxa média da quantidade importada

(d) valor energético do transporte marítimo ["c" x "a" x (0,50 MJ x kg<sup>-1</sup>)]

(e) total calórico dos "inputs" ("b" + "d")

Fonte: ANDA (2003) e dados da pesquisa de campo.

**QUADRO AP6**

Peso de embarque dos tratores, dos implementos e pneus utilizados no agroecossistema leiteiro. ICA-UFGM 2008/2009

<b>Máquina, implementos e pneus</b>	<b>Peso (em kgf)</b>
TRATOR Massey Ferguson 291 4X4	5446
2 pneus 14.9-24R1 (50)	100
2 pneus 18.4-34R1 (105)	210
Trator Massey Ferguson 275	2227
2 Pneus 7.5-16 (13)	26
2 Pneus 15-30 (70)	140
Trator Valmet 68	1950
2 Pneus 7.5 - 16 F2 (13)	26
2 Pneus 14.9 - 28 (58)	116
Ordenha Mecânica Westfaia 04 conjuntos	130
Tanque de refrigeração Westfalia 2070 Litros	385
Ensiladeira Nogueira Pecus 9004	560
Plantadeira PST PLUS	2386
Grade Aradora 14 discos Baldan	1020
Grade Niveladora 28 discos Marchesan TATU	666
Cultivador TATU Mod. CAC	340
Pulverizador em Barra 400 litros	202
Carreta Agrícola	580
4 pneus 7.5-16 (13)	52
Roçadeira de Arrasto Avaré SP I	840

Fonte: Fabricantes (Massey Ferguson, Pirelli, Nogueira, TATU-Marchesan, Baldan, Delaval, Inroda) e dados da pesquisa de Campo

**QUADRO AP7.** Massa dos contrapesos.

<b>Modelo</b>	<b>Número total</b>	<b>Forma e / ou Localização</b>	<b>Massa Unitária (kg)</b>	<b>Massa Total (kg)</b>
MASSEY FERGUSON 291 4X4	8	Frontal	24	192
	-	Rodas dianteiras	-	-
	4	Rodas traseiras	72	288
				<b>480</b>
VALMET 68	0	Frontal	60	0
	0	Rodas dianteiras	19	0
	0	Rodas traseiras	32	0
	1	Suporte	60	60
				<b>60</b>
MASSEY FERGUSON 275 4x2	6	Frontal	20	120
	0	Rodas dianteiras	19	0
	2	Rodas traseiras	72	144
				<b>264</b>

Fonte: Especificações técnicas de catálogos e comunicação pessoal com revendedora de tratores

**QUADRO AP8.**

Locais de lubrificação, volume utilizado, especificação do lubrificante e momento de troca por trator usado no itinerário técnico do agroecossistema leiteiro. ICA-UFGM 2008/2009

<b>Tratores</b>	<b>Local</b>	<b>Volume (litro)</b>	<b>Especificação</b>	<b>Momento (horas)</b>
Massey Ferguson 291	Cárter do motor	8	15W40	cada 200
	Transmissão/hidraulico	47	WBPF 100	cada 500
	Cubos e eixo dianteiro	14	SAE 90	
Valmet 68	Cárter do motor	6,6	SAE 30	cada 200
	Transmissão	18,5	SAE 80	cada 1000
	Diferencial, eixo traseiro e hidráulico	23	SAE 80	cada 1000
Massey fergusson 275	Cárter do motor	7	SAE 30	cada 200
	Cubos Trazeiros	4	SAE 90	cada 500
	Diferencial, eixo traseiro e hidráulico	46	WBPF 100	cada 500
<b>Implemento</b>	<b>Local</b>	<b>Volume (litro)</b>	<b>Especificação</b>	<b>Momento (horas)</b>
Roçadeira	Diferencial	12	SAE 90	cada 1000

Fonte: Dados do manual do tratores (Massey Ferguson e Valmet) e dados da pesquisa de campo.

**QUADRO AP9.** Vida útil e horas de uso por ano de máquinas e implementos agrícolas.

<b>Máquinas e implementos</b>	<b>Vida Útil</b> (anos)	<b>Horas de uso / ano</b>
TRATOR 100 CV	10	1000
TRATOR 75 CV	10	1000
TRATOR 65 CV	10	1000
ROÇADORA	10	400
GRADE ARADORA	7	200
GRADE NIVELADORA	7	200
PLANTADEIRA	10	480
CULTIVADOR	10	320
PULVERIZADOR	10	480
ENSILADEIRA PECUS	10	480
ROÇADEIRA	10	480
CARRETA	10	480
ORDENHADEIRA	10	1200

Fonte: Instituto de Economia Agrícola - Informações Econômicas, 2006

**QUADRO AP10** Quantidade de pontos de engraxamento, momento e número de injeções de graxa por trator e implemento utilizados no itinerário técnico.

Máquina, Implemento e Equipamento	Pontos de engraxamento	Momento (horas de trabalho)	Injeções por ponto (número)
Massey Fergusson 291	25	10	3
Massey Fergusson 275	18	10	3
Valmet 68	18	10	3
Grade aradora	6	24	2
Grade Niveladora	9	24	2
Pulverizador	3	24	2
Cultivador	10	10	3
Plantadeira	80	10	2
Ensiladeira	12	10	2
Roçadeira	3	10	2
Carreta de trator	3	24	2

Fonte: pesquisa de campo

**QUADRO AP11.** Área plantio

PRODUÇÃO POR ÁREA

	ÁREA TOTAL (ha)	ÁREA PASTAGEM (ha)	ÁREA PLÁNTIO SORGO (ha)	QUANT. DE ANIMAIS	ÁREA TOTAL ALIMENTAÇÃO (ha)	MÉDIA ANIMAIS POR ÁREA ALIMENTAÇÃO
FEHAN	34	18	16	30	34,00	0,88
<b>MÉDIA</b>	<b>34,00</b>	<b>18</b>	<b>16,00</b>	<b>30</b>	<b>34,00</b>	<b>0,88</b>

**QUADRO AP12** Produção e produtividade

	VACAS EM LACTAÇÃO	MÉDIA DE PESO P/ ANIMAL	PRODUÇÃO POR ANIMAL (L/DIA)	PRODUÇÃO TOTAL (L/DIA)	TEMPO DE ORDENHA (minutos)	MÉDIA POR ANIMAL (minutos)	PRODUÇÃO POR ANO (L)
FEHAN	23	500	13,16	302,68	90	4	110478,2
<b>MÉDIA</b>	<b>23,00</b>	<b>500</b>	<b>13,16</b>	<b>302,68</b>	<b>90</b>	<b>4</b>	<b>110478,20</b>



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Parecer nº. ETIC 164/09

Interessado(a): **Profa. Anna Christina de Almeida**  
**Colegiado de Pós-Graduação**  
**Instituto de Ciências Agrárias - UFMG**

**DECISÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 16 de junho de 2009, após atendidas as solicitações de diligência, o projeto de pesquisa intitulado "**Análise energética da produção de leite bovino na FEHAN-ICA/UFMG**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

**Profa. Maria Teresa Marques Amaral**  
**Coordenadora do COEP-UFMG**