



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP
Faculdade de Engenharia de Alimentos - FEA
Departamento de Engenharia de Alimentos - DEA
Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada - LEIA

**USO DE ANÁLISE EMERGÉTICA E SISTEMA DE
INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NO ESTUDO DE
PEQUENAS PROPRIEDADES AGRÍCOLAS**

FENI DALANO ROOSEVELT AGOSTINHO
Engenheiro Agrícola – UNICAMP, 2001
Orientador: Prof. Dr. Enrique Ortega Rodriguez

Campinas - 2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

Ag75u Agostinho, Feni Dalano Roosevelt
Uso de análise emergética e sistema de informações
geográficas no estudo de pequenas propriedades agrícolas / Feni
Dalano Roosevelt Agostinho. – Campinas, SP : [s.n.], 2005.

Orientador: Enrique Ortega Rodriguez
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Emergia. 3.
Externalidades. 4. Meio ambiente. 5. Sistema de informações
geográficas. I. Ortega Rodriguez, Enrique. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.
III. Título.

(ckn/fea)

Palavras-chave em inglês (Keywords): Sustainable development, Emergy, Externalities,
Environment, Geographical information systems

Titulação: Mestre em Engenharia de Alimentos

Banca examinadora: Maria Angela Fagnani

José Maria Gusman Ferraz

Ademar Ribeiro Romeiro



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP
Faculdade de Engenharia de Alimentos - FEA
Departamento de Engenharia de Alimentos - DEA
Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada - LEIA

USO DE ANÁLISE EMERGÉTICA E SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NO ESTUDO DE PEQUENAS PROPRIEDADES AGRÍCOLAS

Dissertação apresentada à banca
examinadora como parte dos
requisitos para a obtenção do título
de Mestre em Engenharia de
Alimentos.

FENI DALANO ROOSEVELT AGOSTINHO
Engenheiro Agrícola – UNICAMP, 2001
Orientador: Prof. Dr. Enrique Ortega Rodriguez

Campinas - 2005

iii

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Enrique Ortega Rodriguez
Orientador – DEA/FEA/UNICAMP

Dra. Maria Ângela Fagnani
Membro – Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP

Dr. José Maria Gusman Ferraz
Membro – Embrapa/CNPMA

Dr. Ademar Ribeiro Romeiro
Membro – Embrapa/CNPM
Membro - Instituto de Economia/UNICAMP

Aos meus pais
Benedito Agostinho (“in memoriam”) e Veraluci Trombeta Agostinho,
e aos meus irmãos
Fernanda, Francklin, Fabiana e Frans.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que me ajudaram a construir este trabalho, dentro os quais:

- À minha família, pelo amor, apoio e esperança depositados em mim;
- Ao professor Ortega pela orientação e dedicação à pesquisas relacionadas ao desenvolvimento sustentável;
- Aos amigos de laboratório, Alexandre, Consuelo, Daniel, Edson, Marlei Otávio, Raul, Roberta, Teldes e Watanabe, pelo trabalho em equipe, pela difusão da metodologia emergética e pelas risadas;
- Aos amigos da pós-graduação, Abraão, Ana Carla, Anna Paula, Camila, Chrissana, Cristhiane, Érika Cren, Fezinha, Gabriela, Guilherme, Gustavo, Helena, Lílian, Lizielle, Louise, Marcelo, Márcia, Paty, Renata, Roque e Silmar, que foram companheiros nas horas difíceis e de descontração;
- À querida Érika, que mostrou-se grande companheira nos últimos meses;
- Aos amigos de Valinhos, Acácio, Bruno, Gustavo e Júlio, por sempre lembrar que a vida é muito mais que apenas o trabalho;
- Ao amigo Guaraci Diniz, pelo total apoio em meu projeto;
- Aos pesquisadores da Embrapa Monitoramento por Satélite João Alfredo de C. Mangabeira, Gustavo Valladares e Marcos Hott, pelo apoio administrativo e intelectual;
- À Dra. Maria Ângela Fagnani, por integrar a banca e pela contínua disposição em colaborar;
- Ao Dr. Ademar Ribeiro Romeiro, por integrar a banca e colaborar em questões administrativas internas da Embrapa Monitoramento por Satélite;
- Ao Dr. José Maria Gusman Ferraz, por integrar a banca e estar presente em vários projetos paralelos que auxiliaram de maneira indireta a construção de meu trabalho;
- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro.

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

Artigo 225 da Constituição Federal

Sumário

| | |
|---|-----------|
| RESUMO | XXIII |
| ABSTRACT | XXV |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA | 5 |
| 2.1. <i>A UNIÃO DE EMERGIA E SIG COMO FERRAMENTA DE GESTÃO</i> | 7 |
| 2.1.1. Hipótese de Trabalho | 8 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 9 |
| 3.1. <i>AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL</i> | 9 |
| 3.2. <i>EMERGIA</i> | 17 |
| 3.3. <i>SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)</i> | 23 |
| 4. OBJETIVO | 29 |
| 4.1. <i>Objetivos Específicos</i> | 29 |
| 5. METODOLOGIA | 31 |
| 5.1. <i>SELEÇÃO DOS LOCAIS DE ESTUDO</i> | 31 |
| 5.2. <i>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</i> | 33 |
| 5.3. <i>ANÁLISE EMERGÉTICA</i> | 35 |
| 5.3.1. Primeira Etapa da avaliação emergética | 35 |
| 5.3.2. Segunda Etapa da avaliação emergética | 36 |
| 5.3.3. Terceira Etapa da avaliação emergética | 39 |
| 5.3.4. Índice econômico: rentabilidade | 41 |
| 5.4. <i>ANÁLISE EMERGÉTICA MODIFICADA</i> | 43 |
| 5.5. <i>SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)</i> | 45 |
| 5.5.1. Perda de solo | 45 |
| 5.5.1.1. Fator chuva (R) | 46 |
| 5.5.1.2. Fator erodibilidade (K) | 47 |
| 5.5.1.3. Fatores comprimento e grau de declive (LS) | 48 |
| 5.5.1.4. Fator uso e manejo (C) | 49 |
| 5.5.1.5. Fator prática conservacionista (P) | 50 |
| 5.5.2. Dinâmica da Transformação do Sítio Duas Cachoeiras | 50 |
| 5.5.3. Análise Emergética Setorial | 51 |
| 5.6. <i>SISTEMA AGROECOLÓGICO COMO PRODUTOR DE ÁGUA</i> | 53 |
| 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 55 |
| 6.1. <i>CÁLCULO DA PERDA DE SOLO</i> | 55 |
| 6.2. <i>ANÁLISE EMERGÉTICA DO SÍTIO DUAS CACHOEIRAS</i> | 67 |
| 6.3. <i>ANÁLISE EMERGÉTICA DO SÍTIO SANTA HELENA</i> | 73 |
| 6.4. <i>ANÁLISE EMERGÉTICA DO SÍTIO TRÊS LAGOS</i> | 77 |
| 6.5. <i>ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS TRÊS PROPRIEDADES</i> | 81 |
| 6.6. <i>ANÁLISE EMERGÉTICA MODIFICADA</i> | 91 |
| 6.7. <i>EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO DO SÍTIO DUAS CACHOEIRAS</i> | 95 |
| 6.8. <i>ESTUDO DA DINÂMICA DOS ÍNDICES EMERGÉTICOS DO SÍTIO DUAS CACHOEIRAS</i> | 105 |
| 6.8.1. Sítio Duas Cachoeiras em 1980 | 105 |
| 6.8.2. Sítio Duas Cachoeiras em 1990 | 108 |
| 6.8.3. Estudo dos Índices | 111 |
| 6.9. <i>ANÁLISE EMERGÉTICA SETORIAL DO SÍTIO DUAS CACHOEIRAS</i> | 115 |
| 6.9.1. Pasto - Produção de Lã | 115 |
| 6.9.2. Mata – Mata, mata ciliar e mata mista | 118 |
| 6.9.3. Cultura Anual | 120 |
| 6.9.4. Pomar | 122 |
| 6.9.5. Discussão dos Resultados das Análises Emergéticas Setoriais | 125 |
| 6.10. <i>SISTEMA AGROECOLÓGICO COMO PRODUTOR DE ÁGUA</i> | 129 |

| | |
|---|-----|
| 7. CONCLUSÕES | 139 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 143 |
| 9. ADENDOS | 151 |
| 9.1. APÊNDICE 1: <i>Dados do Sítio Duas Cachoeiras (2003) – 29,7 ha</i> | 151 |
| 9.2. APÊNDICE 2: <i>Dados do Sítio Santa Helena (2003) – 15,6 ha</i> | 157 |
| 9.3. APÊNDICE 3: <i>Dados do Sítio Três Lagos (2003) – 25,3 ha</i> | 161 |
| 9.4. APÊNDICE 4: <i>Fotos antigas e atuais (mesmo local) do Sítio Duas Cachoeiras</i> | 165 |
| 9.5. APÊNDICE 5: <i>Dados do Sítio Duas Cachoeiras (1980) – 16,14 ha</i> | 179 |
| 9.6. APÊNDICE 6: <i>Dados do Sítio Duas Cachoeiras (1990) – 16,14 ha</i> | 183 |
| 9.7. APÊNDICE 7: <i>Análise Emergética Setorial – Pasto, Produção de Lã – 1,44 ha</i> | 187 |
| 9.8. APÊNDICE 8: <i>Análise Emergética Setorial – Mata – 7,75 ha</i> | 191 |
| 9.9. APÊNDICE 9: <i>Análise Emergética Setorial – Cultura Anual – 4,3 ha</i> | 193 |
| 9.10. APÊNDICE 10: <i>Análise Emergética Setorial – Pomar – 0,30 ha</i> | 197 |
| 9.11. ANEXO 1: <i>Símbolos utilizados nos diagramas ecossistêmicos</i> | 201 |
| 9.12. ANEXO 2: <i>Código fonte da rotina utilizada no cálculo do fator LS</i> | 203 |
| 9.13. ANEXO 3: <i>A evolução da agricultura</i> | 215 |
| 9.14. ANEXO 4: <i>Breve história das políticas sobre desenvolvimento sustentável</i> | 219 |
| 9.15. ANEXO 5: <i>Agricultura sustentável</i> | 223 |

Índice das Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Mudança na renda líquida obtida com a mudança de sistema de produção convencional para agroecológico. | 11 |
| Figura 2 – Propriedades sistêmicas dos agroecossistemas e índices de desempenho | 13 |
| Figura 3 – Custos totais do processo, considerando insumos, mão-de-obra, recursos ambientais e externalidades. | 22 |
| Figura 4 – O SIG no contexto de tomada de decisão | 25 |
| Figura 5 – Áreas de estudo | 32 |
| Figura 6 – Diagrama de fluxos de energia de um sistema de produção genérico | 36 |
| Figura 7 – Exemplo de Tabela de Avaliação Emergética. | 37 |
| Figura 8 – Indicadores emergéticos agregados. | 38 |
| Figura 9 – Exemplo de tabela para calcular a energia produzida e o dinheiro recebido pelo sistema. | 38 |
| Figura 10 – Emdólar utilizado no Brasil. | 40 |
| Figura 11 – Fluxograma utilizado para o cálculo da perda de solo. | 47 |
| Figura 12 – Mapa de uso do solo do Sítio Duas Cachoeiras. | 55 |
| Figura 13 – Mapa de tipos de solo do Sítio Duas Cachoeiras. | 57 |
| Figura 14 – Mapa de perda de solo do Sítio Duas Cachoeiras..... | 57 |
| Figura 15 – Mapa de uso do solo do Sítio Santa Helena. | 59 |
| Figura 16 – Mapa de tipos de solo do Sítio Santa Helena..... | 59 |
| Figura 17 – Mapa de perda de solo do Sítio Santa Helena. | 61 |
| Figura 18 – Mapa de uso do solo do Sítio Três Lagos. | 61 |
| Figura 19 – Mapa de tipos de solo do Sítio Três Lagos. | 63 |
| Figura 20 – Mapa de perda de solo do Sítio Três Lagos..... | 63 |
| Figura 21 – Diagrama dos fluxos emergéticos do Sítio Duas Cachoeiras..... | 67 |
| Figura 22 – Indicadores do Sítio Duas Cachoeiras em 2003..... | 71 |
| Figura 23 – Diagrama dos fluxos emergéticos do Sítio Santa Helena. | 73 |
| Figura 24 – Indicadores do Sítio Santa Helena em 2003 | 74 |
| Figura 25 – Diagrama dos fluxos emergéticos do Sítio Três Lagos..... | 77 |

| | |
|---|-----|
| Figura 26 – Indicadores do Sítio Três Lagos em 2003..... | 79 |
| Figura 27 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada no Sítio Duas Cachoeiras em 2003..... | 84 |
| Figura 28 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada no Sítio Santa Helena em 2003 | 85 |
| Figura 29 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada no Sítio Três Lagos em 2003. | 85 |
| Figura 30 – Mapa de uso do solo do Sítio Duas Cachoeiras em 1980 | 95 |
| Figura 31 – Mapa de uso do solo do Sítio Duas Cachoeiras em 1990 | 97 |
| Figura 32 – Mapa de uso do solo do Sítio Duas Cachoeiras em 2003 | 97 |
| Figura 33 – Mapa de declividade do Sítio Duas Cachoeiras | 101 |
| Figura 34 – Indicadores do Sítio Duas Cachoeiras em 1980..... | 106 |
| Figura 35 – Porcentagem de cada item do total de energia utilizada no Sítio Duas Cachoeiras em 1980 | 107 |
| Figura 36 – Indicadores do Sítio Duas Cachoeiras em 1990..... | 108 |
| Figura 37 - Porcentagem de cada item do total de energia utilizada no Sítio Duas Cachoeiras em 1990. | 110 |
| Figura 38 – Variação dos fluxos de energia do Sítio Duas Cachoeiras | 111 |
| Figura 39 – Variação dos índices energéticos do Sítio Duas Cachoeiras | 111 |
| Figura 40 – Variação da transformidade do Sítio Duas Cachoeiras | 113 |
| Figura 41 – Variação da renovabilidade do Sítio Duas Cachoeiras | 113 |
| Figura 42 – Indicadores da área de pasto em 2003 | 116 |
| Figura 43 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada na área de pasto do Sítio Duas Cachoeiras em 2003..... | 117 |
| Figura 44 – Indicadores da área de mata em 2003..... | 119 |
| Figura 45 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada na área de mata do Sítio Duas Cachoeiras em 2003 | 119 |
| Figura 46 – Indicadores da área de cultura anual em 2003..... | 121 |
| Figura 47 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada na área de cultura anual do Sítio Duas Cachoeiras em 2003 | 122 |
| Figura 48 – Indicadores da área de pomar em 2003..... | 124 |

| | |
|---|-----|
| Figura 49 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada na área de pomar do Sítio Duas Cachoeiras em 2003 | 124 |
| Figura 50 – Interação entre chuva e cobertura vegetal para aumentar o volume de água nos lençóis freáticos | 129 |
| Figura 51 – Simulação entre o manejo do solo e a quantidade de água da chuva infiltrada. | 132 |
| Figura 52 – Imagem tridimensional da micro-bacia onde está localizado o Sítio Duas Cachoeiras | 133 |
| Figura 53 – Externalidade negativa | 133 |
| Figura 54 – Externalidade negativa | 135 |
| Figura 55 – Externalidade negativa | 137 |
| Figura 56 - Área de pasto em 1984. Vista para topo. | 165 |
| Figura 57 – Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 56 | 165 |
| Figura 58 – Área de pasto em 1984. Vista geral | 167 |
| Figura 59 – Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 58 | 167 |
| Figura 60 – Área de pasto em 1984. Vista para baixo..... | 169 |
| Figura 61 – Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 60 | 169 |
| Figura 62 – Vista da micro-bacia onde está inserido o sítio. Foto tirada em 1984 | 171 |
| Figura 63 - Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 62 | 171 |
| Figura 64 – Área de pasto e pasto sujo em 1974..... | 173 |
| Figura 65 - Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 64 | 173 |
| Figura 66 – Área de pasto chegando à margem do córrego. Foto tirada em 1974 | 175 |
| Figura 67 - Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 66 | 175 |
| Figura 68 – Área de pasto chegando ao córrego, que está totalmente desprotegido. Foto tirada em 1974 | 177 |
| Figura 69 - Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 68 | 177 |

Índice das Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Área e coordenadas das propriedades estudadas..... | 33 |
| Tabela 2 – Fator de erodibilidade utilizados para cada tipo de solo das propriedades estudadas...48 | |
| Tabela 3 – Valores do fator C..... | 49 |
| Tabela 4 – Valor de P para algumas práticas conservacionistas..... | 50 |
| Tabela 5 – Quantidade de solo perdido por erosão hídrica para as três propriedades estudadas. .55 | |
| Tabela 6 – Avaliação Emergética do Sítio Duas Cachoeiras (2003)..... | 69 |
| Tabela 7– Energia total produzida pelo Sítio Duas Cachoeiras (2003)..... | 70 |
| Tabela 8 – Índices emergéticos do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 71 |
| Tabela 9 – Índices econômicos e sociais do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 71 |
| Tabela 10 – Avaliação Emergética do Sítio Santa Helena (2003). | 74 |
| Tabela 11 – Energia total produzida pelo Sítio Santa Helena (2003)..... | 75 |
| Tabela 12 – Índices emergéticos do Sítio Santa Helena (2003). | 75 |
| Tabela 13 – Índices econômicos e sociais do Sítio Santa Helena (2003)..... | 75 |
| Tabela 14 – Avaliação Emergética do Sítio Três Lagos (2003). | 78 |
| Tabela 15– Energia total produzida pelo Sítio Três Lagos (2003). | 78 |
| Tabela 16 – Índices emergéticos do Sítio Três Lagos (2003)..... | 79 |
| Tabela 17 – Índices econômicos e sociais do Sítio Três Lagos (2003)..... | 79 |
| Tabela 18 – Índices emergéticos das três propriedades estudadas. | 81 |
| Tabela 19 – Rentabilidade com e sem externalidade negativa das três propriedades estudadas. .81 | |
| Tabela 20 – Índices sociais das três propriedades estudadas..... | 81 |
| Tabela 21 – Comparação entre a produtividade do modelo agroecológico e do modelo convencional..... | 88 |
| Tabela 22 – Dados de produção brasileira de alguns produtos agrícolas..... | 88 |
| Tabela 23 – Avaliação emergética do Sítio Duas Cachoeiras em 2003, considerando renovabilidades parciais..... | 91 |
| Tabela 24 – Fluxos agregados do Sítio Duas Cachoeiras considerando renovabilidades parciais (2003)..... | 92 |
| Tabela 25 – Avaliação emergética do Sítio Santa Helena em 2003, considerando renovabilidades parciais. | 92 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 26 – Fluxos agregados do Sítio Santa Helena considerando renovabilidades parciais (2003). | 92 |
| Tabela 27 – Avaliação emergética do Sítio Três Lagos em 2003, considerando renovabilidades parciais. | 93 |
| Tabela 28 – Fluxos agregados do Sítio Três Lagos considerando renovabilidades parciais (2003). | 93 |
| Tabela 29 – Índices emergéticos das três propriedades estudadas considerando as renovabilidades parciais | 93 |
| Tabela 30 – Classes de declividade e suas respectivas áreas do Sítio Duas Cachoeiras em 2003. | 101 |
| Tabela 31 – Avaliação Emergética do Sítio Duas Cachoeiras (1980). | 105 |
| Tabela 32– Energia total produzida pelo Sítio Duas Cachoeiras (1980). | 106 |
| Tabela 33 – Índices emergéticos do Sítio Duas Cachoeiras (1980). | 106 |
| Tabela 34 – Índices econômicos e sociais do Sítio Duas Cachoeiras (1980). | 107 |
| Tabela 35 – Avaliação Emergética do Sítio Duas Cachoeiras (1990). | 108 |
| Tabela 36– Energia total produzida pelo Sítio Duas Cachoeiras (1990). | 109 |
| Tabela 37 – Índices emergéticos do Sítio Duas Cachoeiras (1990). | 109 |
| Tabela 38 – Índices econômicos e sociais do Sítio Duas Cachoeiras (1990). | 110 |
| Tabela 39– Energia total produzida pela área de pasto do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 115 |
| Tabela 40 – Avaliação Emergética da área de pasto do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 116 |
| Tabela 41 – Índices emergéticos e rentabilidade econômica da área de pasto do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 117 |
| Tabela 42 – Avaliação Emergética da área de mata do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 118 |
| Tabela 43 - Energia total produzida pela área de mata do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 118 |
| Tabela 44 – Índices emergéticos e rentabilidade econômica da área de mata do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 119 |
| Tabela 45 – Avaliação Emergética da área de cultura anual do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 120 |
| Tabela 46– Energia total produzida pela área de cultura anual do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 121 |
| Tabela 47 – Índices emergéticos e rentabilidade econômica da área de cultura anual do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 122 |
| Tabela 48 – Avaliação Emergética da área de pomar do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 123 |
| Tabela 49– Energia total produzida pela área de pomar do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 123 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 50 – Índices energéticos e rentabilidade econômica da área de pomar do Sítio Duas Cachoeiras (2003). | 124 |
| Tabela 51 – Resultado dos índices energéticos das análises setoriais do Sítio Duas Cachoeiras. | 125 |
| Tabela 52 – Quantidade de água de chuva infiltrada no solo do Sítio Duas Cachoeiras..... | 130 |

RESUMO

O presente trabalho avaliou as ferramentas análise emergética e sistema de informações geográficas (SIG) para análise de sistemas agrícolas que adotam modelos de produção diferentes. Foram escolhidas, como área de estudo, três pequenas propriedades agrícolas localizadas no município de Amparo, estado de São Paulo. Uma delas utiliza conceitos agroecológicos de produção (Sítio Duas Cachoeiras), enquanto as outras duas (Sítio Santa Helena e Sítio Três Lagos) produzem convencionalmente. Realizaram-se os seguintes estudos: (1) Cálculo da perda de solo para as três propriedades através da equação universal de perda de solo (RUSLE – revised universal soil loss equation) com auxílio do SIG ArcGIS. (2) Análises emergéticas de cada propriedade, considerando o ano de 2003 como período de estudo. Os índices foram posteriormente comparados para analisar qual propriedade é mais sustentável, utilizando menos recursos da economia e possuindo maior eficiência ecossistêmica. Além dos índices emergéticos, foi calculada a rentabilidade econômica, com e sem externalidades negativas, e índices sociais relacionados à mão-de-obra; (3) Avaliação geo-referenciada da transformação ecológica do Sítio Duas Cachoeiras, que em 1985, deixou de utilizar técnicas convencionais transformando-se em um sistema agrosilvopastoril. Para isso, foram confeccionados mapas de uso do solo simultaneamente com análises emergéticas para os anos de 1980, 1990 e 2003; (4) Análise emergética para as áreas de pasto (produção de lã), mata, cultura anual e pomar do Sítio Duas Cachoeiras para o ano de 2003. Esse estudo possibilitou a comparação “in situ” sobre qual área da propriedade é mais sustentável, além de servir como subsídio para trabalhos futuros em áreas maiores, como bacias hidrográficas; (5) Cálculo da capacidade de infiltração da água da chuva pelo sistema agrosilvopastoril (Sítio Duas Cachoeiras), para mostrar a importância que esses sistemas possuem na produção de água que alimenta os lençóis subterrâneos. As principais conclusões do trabalho são: (a) Para as pequenas propriedades analisadas, a melhor relação custo/benefício econômica, social e ambiental encontra-se no sistema que adota o modelo de agricultura agrosilvopastoril; (b) O uso de análise emergética combinada com sistemas de informações geo-referenciadas, apresenta um grande potencial para desenvolver ferramentas de administração, tanto pública quanto privada, para planejar o desenvolvimento sustentável como proposto pela Agenda 21.

Palavras Chave: Desenvolvimento Sustentável, Emergia, Externalidades, Meio Ambiente, Sistema de Informações Geo-Referenciadas.

ABSTRACT

The present work evaluated the tools energy analysis and geographical information systems (GIS) for analysis of agricultural systems that adopt different models of production. They had been chosen, as study area, three small agricultural properties located in the city of Amparo, state of São Paulo. One of them uses agroecology concepts of production (Duas Cachoeiras farm), while the others two (Santa Helena farm and Três Lagos farm) produce conventionally. The following studies had been become fulfilled: (1) Calculation of the soil loss for the three properties through the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) with aid of the GIS ArcGIS. (2) Emergy Analyses of each property, considering the year of 2003 as period of study. The indices later had been compared to analyze which property are more sustainable, using little resources of the economy and possessing bigger ecosystemic efficiency. Beyond the emergy indices, the economic yield was calculated, with and without negative externalities, and related social indices to the labor; (3) Spatial evaluation of the ecological transformation of the Duas Cachoeiras farm, that in 1985, left to use conventional techniques changedding itself into a agroecology system. For this, maps of use of the soil simultaneously with emergy analyses for the years of 1980, 1990 and 2003 had been confeccioned; (4) Emergy analysis for the pasture (wool production), forest, annual crops and orchard areas of the Duas Cachoeiras farm for the year of 2003. This study in made possible the comparison "in situ" on which area of the property is more sustainable, besides serving as subsidy for future works in bigger areas, as hydric basins; (5) Calculation of the infiltration capacity of the water of rain for the agroecology system (Duas Cachoeiras farm), to show the importance that these systems possess in the water production that feeds underground sheets. The main conclusions of the work are: (a) For the small analyzed properties, the best economic, social and environment relation cost/benefit meets in the system that adopts the model of agroecology agriculture; (b) The use of combined emergy analysis with geographical information systems, presents a great potential to develop tools of administration, public how much in such a way private, to plan the sustainable development as considered for Agenda 21

Key Words: Sustainable development, Emergy, Externalities, Environment, Geographical information systems.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho analisa a sustentabilidade em sistemas de produção agrícola, onde são estudadas as características ambientais, econômicas e sociais dos modelos convencional¹ e agrosilvopastoril² em propriedades familiares.

O padrão de desenvolvimento agrícola moderno ou convencional intensificou-se após a Segunda Guerra e foi disseminado nos anos setenta pela Revolução Verde, como uma solução para os problemas relacionados à escassez de alimentos. Os problemas ambientais resultantes da atividade agrícola têm se tornado cada vez mais críticos, sendo traduzidos pelo declínio da produtividade local e regional, pelos impactos negativos no solo e na água, através da erosão, sedimentação, poluição química, pela diminuição da biodiversidade, além de possíveis modificações no clima regional (Marques et al., 2003).

Os sistemas alternativos, que utilizam conceitos agroecológicos, são opções de produção agrícola que não agredem o meio ambiente, pois utilizam técnicas conservacionistas de produção. A preocupação com o meio ambiente começou a ter âmbito mundial somente na década de 1970, devido aos desastres de Donora na Pennsylvania em 1948, o de Londres em 1953, o da Baía de Minamatta em 1956 e outros de pequeno porte que tiveram prejuízos menores, que levou à pressão da população sobre os governantes exigindo respostas e medidas políticas. Essa pressão resultou na Primeira Conferência Sobre Meio Ambiente, realizada em Estocolmo em 1972 (Fagnani, 1997).

Na conferência, foi adotada a Declaração das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, que continha 109 recomendações para ações a nível nacional e internacional. Essas ações não foram seguidas, principalmente pelos países desenvolvidos, pois em 1982 tinha-se a nível mundial um aumento da destruição e do uso indiscriminado dos recursos naturais não

¹ Modelo convencional de produção é aquele em que a única preocupação é com questões econômicas, ou seja, degrada o meio ambiente e ignora os problemas sociais decorrentes, para obter lucro. Não levam em consideração as futuras gerações e a importância das funções dos componentes dos ecossistemas. É totalmente dependente de recursos não renováveis, portanto são insustentáveis.

² “Sistemas em que a terra é manejada para a produção simultânea de culturas agrícolas e florestais e para a criação de animais domésticos” (Altieri, 2002 pág. 415). Esse tipo de sistema está embutido dentro da agroecologia, que “é uma ciência que busca o entendimento do funcionamento de agroecossistemas complexos, bem como das diferentes interações presentes nestes, tendo como princípio a conservação e a ampliação da biodiversidade dos sistemas agrícolas como base para produzir auto-regulação e, conseqüentemente, sustentabilidade” (Assis & Romeiro, 2002). Para Altieri (2000), a agroecologia é uma nova abordagem que integra os princípios agrônômicos, ecológicos e socioeconômicos à compreensão e avaliação do efeito das tecnologias sobre os sistemas agrícolas e a sociedade como um todo.

renováveis. Em 1983, foi criada a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que tinha o objetivo de realizar um diagnóstico ambiental mundial. Esse trabalho resultou, em 1987, no Relatório Brundtland (Fagnani, 1997).

Além do diagnóstico ambiental, o relatório sugeria a realização de outra conferência mundial para discussão das políticas e resultados obtidos pelos países que estavam adotando práticas conservacionistas. Essas conferências foram realizadas no Rio de Janeiro em 1992 (Eco 92) e em Johannesburgo em 2002 (Rio +10). Em ambas as conferências não houve avanços significativos em relação às propostas do Relatório Brundtland, não sendo definidas metas e prazos de implementação de acordos.

Em estudos sobre a capacidade de suporte do planeta, Meadows et al. (1972) já evidenciava que o abastecimento de alimentos que se pode esperar no futuro depende do solo e da água doce, e também do capital agrícola que, por sua vez, depende do investimento de capital. Assim, a futura expansão da produção de alimentos está intimamente subordinada à disponibilidade de recursos não-renováveis, levando ao questionamento sobre os limites do planeta para o suprimento destes recursos naturais.

A visão da economia ecológica apresenta uma abordagem preventiva contra as catástrofes ambientais eminentes, tratando da conservação dos recursos naturais por meio de uma visão que leva em conta as necessidades das gerações futuras. Esta abordagem se contrapõe à visão da economia neoclássica, uma vez que pressupõe que os limites ao crescimento, fundamentado na escassez dos recursos e na sua capacidade de suporte, são reais e não necessariamente superáveis através do progresso tecnológico. A escala sustentável adapta-se de forma gradativa às inovações tecnológicas, de modo que a capacidade de suporte se mantenha ao longo do tempo (Marques et al., 2003).

Assim, há uma receptividade crescente para a implantação de medidas que incorporem aos projetos de desenvolvimento os impactos oriundos da utilização dos recursos naturais e ambientais, porém o volume e a qualidade de informações quantitativas que expressem o impacto das atividades agrícolas e pecuárias sobre o meio ambiente ainda é muito pequeno. Essa carência de informações faz com que os tomadores de decisões tenham dificuldade em medi-los, monitorá-los e, depois, priorizar e planejar adequadamente as intervenções necessárias.

Desde a década de 90, a avaliação emergética³ e o sistema de informações geo-referenciadas (SIG) vêm sendo utilizados, separadamente, como importantes ferramentas em estudos de planejamento e monitoramento de sistemas agro-ambientais. Segundo Filho et al. (1997), o conhecimento do meio físico por meio de SIG constitui um subsídio relevante quando se deseja formular propostas de exploração racional para o planejamento de uso sustentado das terras. Neste contexto, para que se possa estruturar e viabilizar o planejamento rural, tanto a nível local, regional ou estadual torna-se necessário dispor-se das informações referentes ao meio abiótico e à dinâmica do uso e cobertura vegetal das terras, com dados atuais e também históricos.

Dessa forma, este trabalho avaliou os aspectos ambientais, econômicos e sociais de três propriedades rurais localizadas no município de Amparo, estado de São Paulo. Duas delas utilizam o modelo convencional de produção enquanto uma utiliza o modelo agroecológico⁴. As ferramentas de cálculo para realizar o diagnóstico utilizado na avaliação das propriedades foram a análise emergética e o sistema de informações geo-referenciadas. Os índices emergéticos obtidos foram a Transformidade (Tr), Renovabilidade (%R), Razão de Rendimento Emergético (EYR), Razão de Investimento de Emergia (EIR) e a Razão de Intercâmbio de Emergia (EER). Além dos índices emergéticos, foi calculada a rentabilidade econômica e alguns índices sociais, como trabalhadores por hectare, pessoas empregadas por hectare e custo do empregado por hectare. O SIG foi utilizado para calcular a perda de solo e estudar a dinâmica de evolução da propriedade agroecológica em relação ao uso do solo para verificar se o seu manejo está de acordo com os preceitos do desenvolvimento sustentável.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as ferramentas análise emergética e sistema de informações geográficas, para análise de sistemas agrícolas que adotam modelos de produção diferentes, verificando qual obteve melhor desempenho ambiental, econômico e social, evidenciando maior sustentabilidade de acordo com os preceitos da Agenda 21.

³ Metodologia que fornece critérios através da conversão de todas as contribuições que o sistema produtivo recebe (materiais, energia, dinheiro e informação) a fluxos equivalentes de energia solar (Ortega, 2002). Metodologia desenvolvida por Odum (1996).

⁴ Como definido anteriormente por Altieri (2000) e Assis & Romeiro (2002), a agroecologia não é um modelo de produção, mas uma ciência. Porém, neste trabalho será utilizado o termo “modelo agroecológico” ou “sistema agroecológico” quando tratar-se de sistemas de produção agrícola que se preocupam com o equilíbrio social, ambiental e econômico.

2. IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Uma idéia errônea de sobrevivência de grandes contingentes da população mundial vem sendo utilizada como justificativa para aumentar a produção agrícola mundial, baseando-se totalmente em recursos não renováveis e degradando os recursos naturais. Sobrevivência deve estar ligada à sustentabilidade, onde se tem retorno durante longo prazo e não resulta em prejuízos ambientais.

A utilização de insumos e técnicas provindas da Revolução Verde resultou em maior produção, porém totalmente dependente de recursos não renováveis e com conseqüências danosas ao meio ambiente, dentre as quais se podem citar a erosão do solo agrícola, a contaminação de água por agroquímicos e diminuição da flora e fauna.

Segundo Lombardi Neto & Drugowich (1994), a capacidade de produção das terras agricultáveis no Brasil vem diminuindo ao longo dos anos devido ao manejo não adequado às nossas condições climáticas simultaneamente com a ocorrência natural de chuvas intensas, que são responsáveis por grandes perdas de solo e de água em áreas agricultadas, contribuindo para a formação de enxurradas e o assoreamento de cursos d'água. Devido à erosão, o estado de São Paulo perde a cada ano 194 milhões de toneladas de terras férteis, onde 40 milhões de toneladas vão para o fundo de rios, lagos, etc. Nesse estudo, os autores concluíram que a erosão representa perdas de 10kg de solo para cada 1kg de soja produzida, ou 12kg de solo para a produção de 1kg de algodão, ou 5kg de solo para a produção de 1kg de milho. Segundo estudos de Lal (2001), nos Estados Unidos e pequena parte do Canadá, para as culturas de milho, soja, trigo e algodão, a produtividade caiu devido à erosão do solo, que resultou em uma perda de 371.600 ton/ano de produtos, ou em termos de dinheiro, perda de US\$ 41.2 milhões.

A perda de solo está sendo compensada pela incorporação de fertilizantes obtidos através de energia não renovável. Além da erosão e da perda de infiltração de água no solo, outros problemas “in situ” devem ser citados, como a acidificação, a redução na disponibilidade de nutrientes, a salinização e a contaminação com produtos tóxicos. Isso faz com que seja impossível economicamente continuar a produção, levando ao abandono de áreas e aberturas de outras dentro da chamada agricultura itinerante (Romeiro, 2004). Esse método de produção é extremamente insustentável, pois temos um limite de área para

produção agrícola, além do fato de que as reservas de recursos naturais não renováveis estão esgotando-se.

Além da diminuição da produtividade do solo, a erosão afeta o fornecimento de água potável para uso agrícola e urbano. Com o desordenado desmatamento, as matas ciliares são destruídas, comprometendo o controle hidrológico de uma bacia, que regula o fluxo de água superficial e sub-superficial, de sedimentos, nutrientes e produtos químicos entre as áreas mais altas da bacia e o sistema aquático. As matas ciliares também evitam que partículas do solo ou mesmo agroquímicos sejam carregados diretamente para o ambiente aquático, além de protegerem a fauna local. Também devem ser destacados os serviços ecológicos prestados pela mata ciliar, tais como abrigo e alimento aos polinizadores de culturas e da vegetação nativa, de inimigos naturais de culturas e também como fonte de alimentos e abrigo para a fauna terrestre e aquática (Ecoagri, 2002).

Desta forma, é estabelecido um ciclo vicioso, onde o solo, cada vez com menos vegetação, absorve menos água, fica mais vulnerável à erosão e mais deficiente em nutrientes, ou seja, perde suas funções ecológicas e, também, as condições mediante as quais suporta as produções agrícolas.

Para Lepsch et al. (1991) citado por Ecoagri (2002), a ineficiência da produção agrícola e de água para uso múltiplo têm suas causas interligadas, onde as principais são aquelas vinculadas ao uso, manejo e conservação do solo. O reordenamento territorial de uso das terras tem importância fundamental, pois orienta a ocupação rural e urbana, o aproveitamento de florestas com a conservação do meio físico biótico, a exploração de recursos minerais, a recuperação ou melhoramento de áreas degradadas, a sistematização do manejo de áreas de preservação, a realização de grandes obras públicas, a administração dos sistemas hídricos, o controle da renovação dos recursos naturais, etc.

Em relação aos agrotóxicos, o estado de São Paulo é responsável por 25% do total utilizado no Brasil, onde as culturas de soja, cana-de-açúcar, citrus e milho são as que realizam maior consumo. Quanto ao consumo de agrotóxicos por unidade de área cultivada, a média geral no Brasil passou de 0,8 kg de ingrediente ativo por hectare em 1970, para 7 kg de ingrediente ativo por hectare em 1998 (Spadotto & Gomes, 2004). Esses agrotóxicos, que na maioria dos casos são utilizados de forma incorreta, irão prejudicar o solo, a

qualidade da água superficial e subterrânea, os alimentos, os trabalhadores rurais e o ambiente.

No início da década de 70, o relatório do Clube de Roma (Meadows et al., 1972), aponta que “a fim de garantir-se a disponibilidade de recursos adequados no futuro, é necessário que se adotem planos de ação que façam decrescer o atual uso de reservas” (Meadows, 1978, pág. 65). Pelo exposto, percebe-se a necessidade de obter uma agricultura que além de ser competitiva preocupe-se simultaneamente com o meio ambiente, de modo a conseguir produtividade e lucro, proteção do meio biofísico, bem como segurança e saúde para o homem, ou seja, o que vem sendo denominado de agricultura sustentável.

Para isso, são necessárias ferramentas que realizem o diagnóstico de maneira rápida e precisa, levando em consideração, além da contribuição dos recursos da economia, toda a contribuição da natureza para produzir determinado bem. Assim, há uma receptividade crescente para a implantação de medidas que incorporem aos projetos de desenvolvimento os impactos oriundos da utilização dos recursos naturais e ambientais, porém o volume e a qualidade de informações quantitativas que expressem o impacto das atividades agrícolas e pecuárias sobre o meio ambiente ainda é muito pequeno. Essa carência de informações faz com que os tomadores de decisões tenham dificuldade em medi-los, monitorá-los e, depois, priorizar e planejar adequadamente as intervenções necessárias.

2.1. A UNIÃO DE EMERGIA E SIG COMO FERRAMENTA DE GESTÃO

A avaliação econômica e ambiental de sistemas de produção é realizada por várias ferramentas, dentre as quais se podem citar os métodos de valoração ambiental direto (avaliação contingente, etc.) e indireto (produtividade marginal, etc.). A análise emergética, paralelamente a esses métodos, tem mostrado a partir de diversos trabalhos, que se trata de uma excelente ferramenta quando se deseja estudar de forma ecossistêmica, pois fornecem índices que analisam a sustentabilidade do sistema.

Outra ferramenta é o SIG, que é atualmente considerado como a mais adequada para trabalhar com dados espaciais, fornecendo informações na forma de mapas.

Alguns estudos têm combinado as vantagens dos métodos comparativos e abrangentes da análise emergética e as aplicações espaciais do SIG (Huang, 1998a e b;

Huang et al., 2001). Embora a maioria desses estudos tenha sido feita nos últimos dez anos, atualmente cada vez mais pesquisadores estão achando os caminhos para melhorar a efetividade e a aplicabilidade do uso combinado destes métodos. Haberkorn (2003) cita que um dos primeiros estudos que combinaram a análise emergética e o SIG foi conduzido para encontrar soluções para o crescente interesse no turismo de Nayarit, no México. Muitos mapas detalhados deste estado foram digitalizados, permitindo uma visão completa de todos os recursos naturais, áreas de meio ambiente sensível e usos da terra nesta região. Várias análises emergéticas foram feitas incluindo a análise do estado em questão, opções para tratamento de água, e as opções para turismo e desenvolvimento urbano ao longo da costa.

2.1.1. Hipótese de Trabalho

A união da análise emergética com o SIG, que pode ser chamado de “análise emergética espacial”, melhora quantitativamente e qualitativamente o diagnóstico de um sistema, permitindo propostas de utilização de recursos ambientais de forma mais sustentável.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O aumento do rendimento físico das lavouras e da produtividade do trabalho agrícola realizado pela Segunda Revolução Agrícola em meados do século XX, substituiu os sistemas rotacionais integrados com a produção animal por sistemas especializados com emprego de insumos industriais. Este padrão foi aprimorado após 1945 e consolidou-se na década de 1970 com a chamada Revolução Verde, que utilizava maciçamente insumos industriais e energia fóssil, como os fertilizantes químicos, os agrotóxicos, os motores de combustão interna e as variedades vegetais de alto potencial produtivo. Isso resultou em grandes safras, mas que trouxeram em seu rastro uma série de problemas ambientais e sociais como a destruição das florestas e sua biodiversidade, a erosão dos solos, a contaminação dos recursos naturais e dos alimentos. No Brasil, além desses problemas, aumentou-se a concentração de terras e de riquezas provocando um intenso êxodo rural para os grandes centros industrializados (Ehlers, 1996).

A Revolução Verde ocorreu no Brasil no período que coincidiu com o ápice do regime militar, o que agravou mais ainda os problemas sociais. Durante a ditadura, o processo de reforma agrária ficou estagnado e as discussões em torno do tema eram reprimidas pelo governo.

Desde a década de 1930, vários grupos de agricultores que valorizavam os processos e potenciais biológicos e a fertilização orgânica dos solos, desafiaram o padrão produtivo convencional e, juntamente ao movimento da contracultura da década de 1970, que questionava os valores consumistas e a industrialização desenfreada da sociedade, configuraram-se num movimento de agricultura alternativa (Ehlers, 1996).

Segundo Ehlers (1996), para as tendências mais radicais, onde se agrupam as organizações não-governamentais, a agricultura sustentável é vista como uma possibilidade de se promover transformações estruturais na economia, na sociedade e nas relações com os recursos naturais, passando pela pesquisa, pelos hábitos de consumo alimentar e pela revisão das relações entre os países do Norte e Sul. Seriam transformações que levariam em

conta a democratização do uso da terra, a erradicação da fome e da miséria e a promoção de melhorias na qualidade de vida de centenas de milhões de habitantes.

O desenvolvimento sustentável é um desafio conceitual, teórico e político, novo e relevante, assumido pelos governos das nações do mundo na Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente, realizado no Rio de Janeiro em 1992. Procura-se um sistema econômico baseado em recursos renováveis onde, de acordo com Odum (1996), deverá haver ciclos de produção lenta e pulsos de consumo (Ortega, 2002).

Algumas características básicas deste novo padrão de agricultura são: (a) a recuperação e preservação dos recursos naturais, como solo, a água e a biodiversidade; (b) a diversificação de culturas; (c) a rotação de culturas e a integração da produção animal e vegetal; (d) o aproveitamento dos processos biológicos; (e) a economia dos insumos e (f) o cuidado com a saúde dos agricultores e a produção de alimentos com elevada qualidade nutritiva e em quantidades suficientes para atender à demanda global. Vários sistemas que possuem as características acima conseguem equilibrar uma alta produtividade com a conservação ambiental, mas seria precipitado julgar que esses sistemas poderiam substituir, a curto prazo, o papel da agricultura convencional, principalmente quanto ao volume de produção. Além disso, seria ingênuo achar que, repentinamente, grandes levas de produtores substituiriam sistemas rentáveis no curto prazo por sistemas mais complexos do ponto de vista administrativo e que só trariam resultados em longo prazo (Ehlers 1996).

A mudança do sistema de produção agrícola convencional para o sistema agroecológico é uma excelente alternativa quando buscamos uma agricultura sustentável. Estudos comparativos dos sistemas convencionais e orgânicos de agricultura concluíram o seguinte (Lockeretz et al., 1981; Lampkin, 1990 apud Altieri 2000 pág. 69): (a) em condições de desenvolvimento altamente favoráveis, a produtividade da agricultura convencional foi muito maior do que a da agricultura orgânica. Entretanto, em condições mais críticas, o resultado foi o inverso. Depois do quinto ano de implantação da agricultura orgânica, sua produtividade chega a ultrapassar a da agricultura convencional; (b) a agricultura convencional consumiu muito mais energia do que a orgânica, sobretudo em razão do maior uso de petroquímicos. Além disso, o sistema orgânico apresentou uma eficiência energética muito maior do que o convencional; (c) as demandas de mão-de-obra

são maiores para os sistemas orgânicos; (d) por serem bem manejados, os sistemas orgânicos não necessitam (ou apenas em pequena quantidade) de agro-químico, reduzindo assim seus custos de produção e os efeitos ambientais e de saúde adversos; (e) devido à grande biodiversidade, os sistemas orgânicos possuem enorme estabilidade, sendo mais resilientes a pressões externas.

O problema na transição de modelos de produção está no fato de que o período de transição é grande, aproximadamente cinco anos, portanto, o investimento em técnicas agroecológicas pode não ocorrer imediatamente (Figura 1).

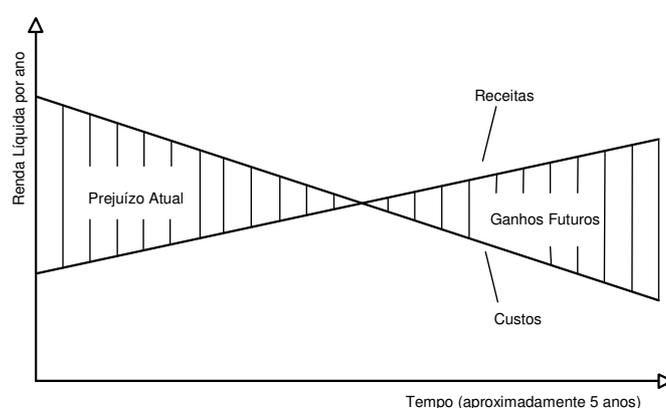


Figura 1 – Mudança na renda líquida obtida com a mudança de sistema de produção convencional para agroecológico. Adaptado de Altieri (2002, pág. 117).

No processo de transição para modelos agroecológicos de produção, a perda inicial de produtividade devido ao tempo de aprendizagem das novas práticas, bem como ao tempo para recondicionamento do solo e as incertezas geradas pela estrutura ainda precária de comercialização, representam custos e dificuldades aos produtores rurais que procuram mudar seu modelo. Esses empecilhos têm desestimulado uma resposta mais efetiva da maioria dos agricultores, mesmo considerando o nível de preços que os consumidores de produtos agroecológicos estão atualmente dispostos a pagar (Assis, 2002).

Os modelos de produção agroecológicos podem ser opção de desenvolvimento para agricultores familiares descapitalizados que, em função do custo, não utilizam o pacote agroquímico convencional. Não há para estes, custos de transição, pois em função do baixo nível tecnológico utilizado, a readequação tecnológica não acarretará perda de

produtividade ao longo do seu aprendizado, mas sim ganhos a médio e longo prazo decorrentes do condicionamento do solo (Assis, 2002).

As práticas de produção conservadoras de recursos podem concorrer economicamente com as convencionais. Quando é apresentado um quadro mais nítido da produtividade agrícola, incluindo os custos e benefícios dos recursos, “as práticas que conservam ou aumentam os bens naturais são economicamente tão boas ou melhores do que as práticas predominantes” (Altieri 2000, pág. 93).

A mudança no sistema de produção depende fundamentalmente de decisões políticas que procurem, através do uso de instrumentos de política econômica e ambiental, estimular a adoção pelos agricultores de modelos agroecológicos de produção, internalizando no sistema econômico os danos à natureza provocados pela atividade humana inadequada. Isto somente será possível com uma firmeza de propósitos da ação do poder público (duradura e integrada em seus diferentes níveis), associada ao envolvimento efetivo da sociedade na construção de soluções, especialmente a nível local, para os problemas ambientais provocados pela agricultura convencional (Assis, 2002).

A biodiversidade e a complexidade estrutural proporcionam um ecossistema natural e maduro com elevado grau de estabilidade em um ambiente sujeito a flutuações. Drásticas alterações no ambiente físico externo, como mudanças na umidade, temperatura ou luz, provavelmente não prejudicam o sistema devido ao fato de que numa comunidade diversificada existem numerosas alternativas para a transferência de energia e nutrientes. Sendo assim, o sistema pode se ajustar e continuar funcionando depois da alteração, com pouca ou nenhuma desorganização detectável. O mesmo pode-se dizer para os controles bióticos internos, que evitam oscilações bruscas e promovem a estabilidade do sistema. A produção agrícola moderna (convencional), apesar de seu alto rendimento à custa de recursos não renováveis e degradação ambiental, apresenta todas as desvantagens dos ecossistemas imaturos, como carência da capacidade de reciclar nutrientes, conservar o solo e controlar as populações de praga. O funcionamento desse tipo de sistema depende de intervenção humana contínua (Altieri, 2002).

Segundo Conway (1985 apud Altieri 2002, pág. 112), enquanto a moderna tecnologia aumentou em muito a produtividade a curto prazo, também diminuiu a sustentabilidade, a equidade, a estabilidade e a capacidade de produção do sistema agrícola (ver Figura 2).

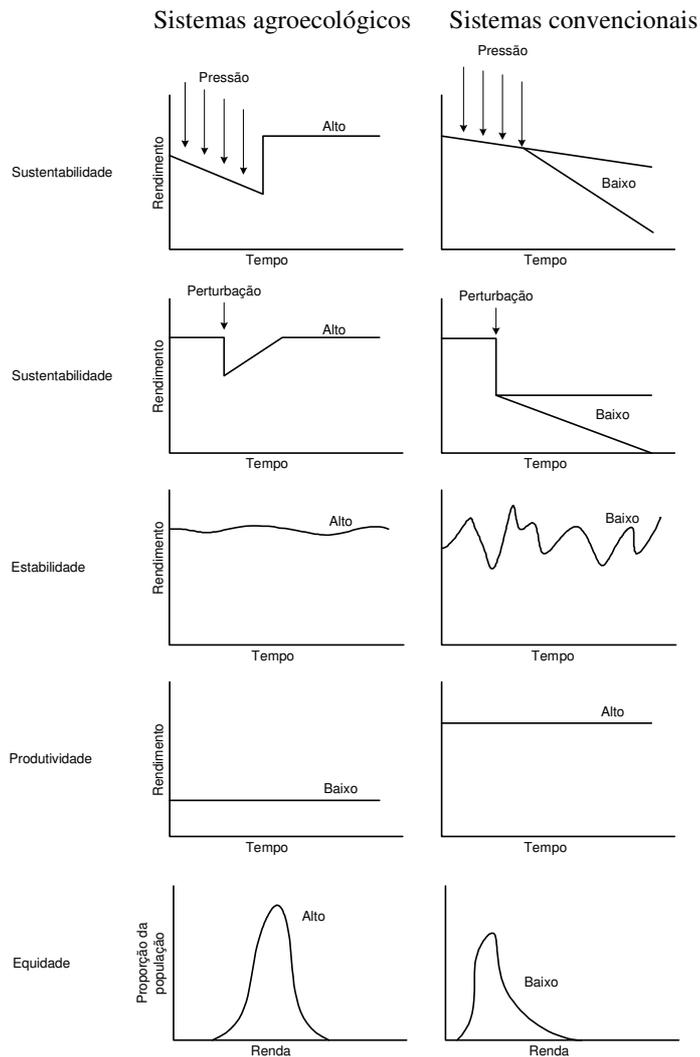


Figura 2 – Propriedades sistêmicas dos agroecossistemas e índices de desempenho. Adaptado de Altieri (2002, pág. 111).

Como exemplo de estabilidade e sustentabilidade do ecossistema natural e maduro, May & Serôa da Motta (1994) citam que em novembro de 1986, o presidente da Indonésia baixou um decreto banindo 57 marcas de pesticidas, 20 das quais altamente subsidiadas, e o país optou por uma política de controle integrado das pragas. Após três épocas de plantio, a FAO relatou uma redução de 90% no uso de pesticidas e um aumento do rendimento médio de 6,1 para 7,4 toneladas por hectare.

A Agroecologia oferece uma abordagem alternativa, que vai além do uso de insumos alternativos, buscando o desenvolvimento de agroecossistemas integrados e com baixa dependência de insumos externos. A ênfase está no planejamento de sistemas agrícolas complexos onde as interações ecológicas e os sinergismos entre os componentes biológicos substituem os insumos promovendo os mecanismos de sustentação da fertilidade do solo, da produtividade e da proteção das culturas (Altieri, 2002).

Com o aumento da produção agrícola devido às tecnologias, o meio ambiente foi prejudicado. Segundo Food and Agriculture Organization (FAO) citado por Pretty et. al. (2000), a agricultura produz muito mais do que somente alimento, fibra ou óleo, ela resulta em grandes impactos nos ecossistemas e economias locais, nacionais e mundiais.

Os impactos, chamados de externalidades, são definidos como os custos da utilização do ambiente para a produção de determinado produto, que atualmente não estão incluídos no preço final do produto, ou seja, os recursos naturais são utilizados gratuitamente, e degradados sem que haja recuperação.

Segundo Pretty et. al. (2000 e 2001), as externalidades podem ser positivas ou negativas. Como positivas pode-se citar o valor estético da paisagem, acumulação de água nos reservatórios naturais, reciclagem e fixação de nutrientes, formação do solo, bem-estar (animais e organismos), proteção de chuvas intensas e controle de cheias através da vegetação, carbono retirado da atmosfera através da vegetação e do solo. As externalidades negativas podem ser listadas como os prejuízos causados à água, ao ar, ao solo, à biodiversidade e paisagem e à saúde humana.

Na avaliação do custo das externalidades do Reino Unido, Pretty et. al. (2000) as dividiu em sete categorias: (a) prejuízo à água; (b) prejuízo ao ar; (c) prejuízo ao solo; (d) prejuízo à biodiversidade e paisagem; (e) prejuízo à saúde humana – pesticidas; (f) prejuízo à saúde humana – nitrato; (g) prejuízo à saúde humana – microorganismos e outros agentes causadores de doenças. Segundo o pesquisador, o custo total dessas externalidades em 1996 alcançou o total de 208 libras/ha.ano (aproximadamente 360 US\$/ha.ano).

O processo de desenvolvimento enfrenta limites físicos que devem ser previstos e acomodados. Tanto a capacidade do ambiente de absorver a poluição como a capacidade de fornecer recursos esgotáveis, como energia e minerais, são finitas. Os ecossistemas só

podem tolerar certa quantidade de agressão sem que sofram mudanças, muitas vezes de maneira dramática e inesperada (May & Serôa da Motta, 1994).

Em relação aos recursos naturais não renováveis, mais precisamente o petróleo, Meadows et al. (pág. 63, 1978) já questionava se “existem reservas suficientes para permitir o desenvolvimento econômico e um padrão de vida razoavelmente alto para a população mundial”, concluindo que para garantir-se a disponibilidade de recursos adequados no futuro, seria necessário adotar planos de ação que façam decrescer o atual uso de recursos fósseis. As conclusões dos autores são as seguintes: (a) Se as atuais tendências de crescimento da população mundial – industrialização, poluição, produção de alimentos e diminuição de recursos naturais – continuarem imutáveis, os limites de crescimento neste planeta serão alcançados algum dia dentro dos próximos cem anos (antes de 2020). O resultado mais provável “será um declínio súbito e incontrolável, tanto da população quanto da capacidade industrial”; (b) É possível modificar estas tendências de crescimento e formar uma condição de estabilidade ecológica e econômica que se possa manter até um futuro remoto. O estado de equilíbrio global poderá ser planejado de tal modo que as “necessidades materiais básicas de cada pessoa na terra sejam satisfeitas, e que cada pessoa tenha igual oportunidade de realizar seu potencial humano individual”; (c) Se a população do mundo decidir empenhar-se em obter este segundo resultado, em vez de lutar pelo primeiro, quanto mais cedo ela começar a trabalhar para alcançá-lo, maiores serão suas possibilidades de êxito.

Para Altieri (2002, pág. 115), a intensificação da agricultura é um teste crucial da resiliência da natureza. “Não sabemos por quanto tempo os homens poderão continuar aumentando o uso dos recursos naturais sem esgotá-los e sem causar uma degradação irreparável do ambiente”. Antes que a descoberta seja forçada pelas circunstâncias desfavoráveis do futuro, deveríamos “nos esforçar no planejamento dos agroecossistemas que se comparem em estabilidade e produtividade aos sistemas naturais”.

A implantação de algumas tendências como sistemas rotacionais diversificados, pesquisa agropecuária de caráter sistêmico e fomento de uma agricultura familiar mais ambientalmente consciente depende do estímulo de políticas públicas de conservação dos recursos naturais. Isto deverá vir tanto da pressão da sociedade organizada sobre os órgãos públicos responsáveis, como pela solução por sistemas solidários de organização social dos

problemas críticos da desigualdade social, fome e condições humanas de vida. O combate à pobreza está de mãos dadas com a responsabilidade de gerenciar os recursos naturais de forma sustentável (Comar, 1998).

Para Ehlers (1996), estamos em um longo processo de transição, onde o ideal de uma agricultura sustentável seja considerado à altura das grandes mudanças das Revoluções Agrícolas e da Revolução Verde. Esse processo levará à uma nova fase na história da dinâmica do uso da terra, onde o uso abusivo de insumos industriais e de energia fóssil deverá ser substituído pelo emprego elevado de conhecimento ecológico.

A facilidade no acesso do agricultor a terra, água, recursos naturais, bem como a linhas de crédito, mercados e tecnologias apropriadas, é crucial para assegurar o desenvolvimento sustentável. O controle e acesso a recursos só podem ser garantidos por reformas políticas ou iniciativas comunitárias bem organizadas. Cada vez mais os cientistas interessados em promover a agricultura sustentável terão de se envolver na busca de contextos políticos que promovam a sustentabilidade (Altieri 2000).

O manejo dos agroecossistemas pode encontrar um poderoso aliado na metodologia emergente para quantificar a capacidade e área de suporte de agroecossistemas específicos e propiciar uma forma de avaliar graus de sustentabilidade de processos agro-industriais (Comar, 1998).

Segundo Ortega (1998), a sustentabilidade somente será possível se os marcos de referência para a atividade humana (paradigmas culturais) forem mudados. É necessário criar novas propostas para a Ciência, a Tecnologia, a Administração, a Organização Social e a Ideologia para configurar os paradigmas do Desenvolvimento Sustentável.

“Somente quando a depreciação dos bens naturais for tratada com a mesma seriedade que a depreciação dos bens humanos, os políticos e a população conhecerão a realidade. Enquanto isso não acontecer, a sustentabilidade continuará um castelo no ar” (Altieri 2000, pág. 102).

3.2. EMERGIA

As duas abordagens econômicas mais discutidas que tratam de questões ambientais são a Economia Neoclássica e a Economia Ecológica.

A economia neoclássica pressupõe que o “capital natural pode ser substituído infinitamente pelo capital material (feito pelo homem)”. Nessa hipótese está inclusa a idéia errônea de que o progresso tecnológico sempre superará os limites do crescimento impostos pelas reservas de recursos naturais. A economia neoclássica também não traz embutido em seu custo a energia e o tempo necessários para a formação e restabelecimento dos recursos naturais, e não “trata adequadamente as questões associadas à impossibilidade de sua reposição, como por exemplo, os recursos não renováveis ou a perda de biodiversidade” (Marques et al., 2003 pág. 23).

Na Economia Ecológica estuda-se a aplicação de metodologias que contabilizem as contribuições da energia do meio ambiente para os sistemas econômicos, mas poucas comparam as contribuições ambientais e econômicas numa mesma base de análise. Usualmente, questões de desenvolvimento, planejamento de políticas públicas e uso de recursos envolvem a avaliação dos impactos ambientais em relação aos ganhos econômicos, onde os impactos e benefícios são quantificados em diferentes unidades, gerando uma paralisia no processo de tomada de decisões porque nenhuma unidade comum foi utilizada para avaliar as transações entre o meio ambiente e a economia (Haberkorn, 2003).

Segundo Romeiro (2004), para a economia ecológica é fundamental a elaboração de indicadores de sustentabilidade e de sistemas de contas ambientais que fundamentem o processo de tomada de decisão em face da incerteza que caracteriza o enfrentamento dos grandes problemas ambientais. Os primeiros, além de contribuir para o processo de conscientização ecológica, fornecem subsídios científicos para a decisão sobre a escala aceitável de uso de um recurso natural, de modo a minimizar o risco de perdas irreversíveis. Os segundos são fundamentais como fator de conscientização ecológica e para justificar a adoção de políticas ambientais, na medida em que propiciam visibilidade econômica à magnitude do passivo ambiental, na escala de uma região ou país.

Para May & Serôa da Motta (1994), a despeito dos problemas ambientais existirem há muito tempo, somente nos últimos quinze anos que a análise econômica tomou formalmente consciência deles e de suas implicações. A moderna economia neoclássica conservou os mesmos princípios propostos pelos clássicos. Somente na década de 50 começaram a aparecer estudos sistemáticos dos custos relacionados ao meio ambiente. A partir de então, uma grande quantidade de estudos e avanços foram surgindo na linha econômica neoclássica do meio ambiente. Porém, a teoria neoclássica desconsidera problemas do meio ambiente. As dificuldades provêm dos seguintes aspectos:

- a) a análise econômica neoclássica se baseia nos valores monetários do mercado, mas o meio ambiente não tem “cotação” neste mercado;
- b) o princípio de soberania do consumidor é um dos conceitos básicos da construção do sistema neoclássico, mas a demanda de meio ambiente não é levada em consideração;
- c) o patrimônio natural não é levado em consideração, uma vez que a análise destaca preponderantemente os fluxos.

Muitos planejadores têm interesse em entender como e em que extensão os recursos ambientais contribuem para os sistemas econômicos. Muitos métodos deixam de lado as fontes naturais de energia e os processos necessários para formar os recursos ambientais disponíveis para a economia, como por exemplo, o sol, a chuva, o vento, a formação do solo, a fotossíntese e o movimento das marés. Estes serviços gratuitos da natureza são deixados de lado porque o dinheiro não circula nestes processos. Em outras palavras eles são vistos como gratuitos (Haberkorn, 2003).

As práticas atuais de contabilidade simplesmente não contemplam as perdas ambientais decorrentes de um manejo incorreto. O solo pode sofrer erosão, os recursos hídricos podem ser degradados ou contaminados, a vida silvestre pode ser envenenada e os reservatórios entulhados com sedimentos, mas considera-se que as perdas não têm um impacto aparente sobre o valor privado ou público da agricultura. Nenhuma taxa de depreciação é aplicada sobre os atuais rendimentos em função da degradação desses recursos, mesmo que as perdas ocorridas em sua produtividade ameacem receitas futuras. O procedimento padrão de prestação de conta representa erroneamente uma diminuição da riqueza como um aumento da receita (Altieri 2000, pág. 77).

Segundo Maia (2002), não há um padrão universalmente aceito para classificação dos métodos de valoração existentes. Alguns procuram obter o valor do recurso diretamente sobre as preferências das pessoas, utilizando-se de mercados hipotéticos ou de bens complementares para obter a disposição a pagar (DAP) dos indivíduos, e podem ser classificados como métodos diretos (avaliação contingente, preços hedônicos e custo de viagem). Por sua vez, os denominados métodos indiretos procuram obter o valor do recurso através de uma função de produção relacionando o impacto das alterações ambientais a produtos com preços no mercado (produtividade marginal, custos evitados, de controle, de reposição e de oportunidade).

A DAP depende muito das características sócio-econômicas da população, e nem sempre é indicada em locais com muitas instabilidades sociais, econômicas ou políticas. Ela exige uma certa capacidade de pagamento das pessoas, e não obterá os resultados desejados em populações com altos índices de precariedade sócio-econômica. Cada um expressa suas preferências com base em seu orçamento, e aqueles com maiores rendas provavelmente apresentarão maiores DAP pelo recurso natural. A relação positiva entre renda e DAP é esperada em toda pesquisa de avaliação contingente (AC), e quando não for constatada empiricamente pode indicar problemas na aplicação metodológica (Maia, 2002).

De acordo com o princípio do custo integral⁵ (“full cost”), todos os usuários de recursos ambientais deveriam pagar seu custo inteiro. Embora isto pareça uma obviedade, a implementação deste princípio representa uma grande mudança com relação à prática tradicional. A maior parte dos recursos ambientais é mal avaliada, seja por ignorância de seu custo verdadeiro ou por incentivos inadequados nos processos de decisão responsáveis pela determinação do valor do recurso. A aplicação do princípio do custo integral alertaria para o fato de que o ambiente é um recurso escasso e precioso, devendo ser tratado de acordo. Os produtos fabricados por processos de transformação ambientalmente destrutivos tornar-se-iam relativamente mais caros. Os que fossem feitos através de processos de produção menos agressivos, tornar-se-iam relativamente mais baratos (May & Serôa da Motta, 1994).

⁵ Toda a energia necessária, direta ou indiretamente, para produzir determinado bem ou serviço (May & Serôa da Motta, 1994).

Para conseguir tal objetivo, há necessidade de termos uma visão sistêmica, isto é, que consiga enxergar todas as atividades como sistemas integrados ou interligados. Essa visão sistêmica permite conhecer o modo de funcionamento de nossa sociedade e a interação dela com a natureza e, também, a modelar e simular novos sistemas.

Aplicar a Teoria Geral de Sistemas à Ecologia e à Termodinâmica, permitiu a Odum (1996) desenvolver a Análise Emergética (Ortega, 2002). A metodologia emergética estima os valores das energias naturais geralmente não contabilizadas, incorporadas em produtos, processos e serviços. Por meio de indicadores (índices emergéticos), esta abordagem desenvolve uma imagem dinâmica dos fluxos anuais dos recursos naturais e dos serviços ambientais providenciados pela natureza na geração de riqueza e o impacto das atividades antrópicas nos ecossistemas (Comar, 1998). Ela é realizada em três etapas: (a) análise dos fluxos energéticos de entrada e saída do sistema; (b) obtenção dos índices emergéticos; (c) interpretação dos índices emergéticos, indicando os esforços que devem ser feitos para aprimorar o sistema.

Para Odum (2001), se levarmos em conta o princípio da hierarquia universal de energia, válido em todo o tempo e lugar, o trabalho, incluindo o que se realiza na economia, pode ser comparado em uma base comum, expressando os produtos e os serviços em unidades de energia. Para reconhecer a qualidade e funcionalidade diferente de cada tipo de energia, que depende do trabalho prévio de geração desse recurso definiu-se um fator de conversão de energia chamado de transformidade, que é a energia de um tipo transformada em uma unidade de energia de outro tipo.

Os sistemas da natureza e a humanidade são partes de uma hierarquia de energia universal e estão imersos em uma rede de transformação de energia que une os sistemas pequenos a grandes sistemas e estes a sistemas maiores ainda. A transformidade mede a qualidade de energia e sua posição na hierarquia de energia universal (Odum, 2001), ou seja, quanto maior a transformidade de um recurso mais longe da origem ele estará, pois há muito valor agregado embutido nele.

Quanto maior é o trabalho da natureza na produção de recursos, menor é seu preço devido à sua abundância, pois de maneira geral, a riqueza real dos recursos ambientais é inversamente proporcional aos custos monetários, assim sendo o preço em dinheiro não representa o valor do trabalho incorporado no recurso. Por outro lado, a emergia expressa

em emdólares (dólares do produto econômico bruto correspondente a uma dada contribuição de energia) consegue indicar a verdadeira contribuição da natureza e da economia humana no recurso. Quando os recursos do ecossistema passam a ser escassos, o preço aumenta e a pressão da demanda continua colocando em risco a sustentabilidade do recurso. As políticas públicas, independentemente do tamanho do sistema e do local, podem ter êxito, aumentando ao máximo os emdólares ou o fluxo de energia. Em outras palavras, isso significa que o trabalho da natureza deve ser reconhecido e corretamente valorizado no mercado (Odum, 2001).

Segundo Ortega (2002), na economia convencional, o preço de um produto corresponde aproximadamente à somatória das despesas realizadas com insumos, mão-de-obra e outro tipo de serviços mais a margem de lucro desejada. Em certa forma o preço econômico mede o trabalho humano agregado, porém não considera a contribuição da natureza na formação dos insumos utilizados nem o custo das externalidades negativas no sistema regional e tão pouco as despesas resultantes da exclusão social gerada pelo empreendimento e pagas pela sociedade local.

Assim, a metodologia de cálculo do preço dos produtos deverá ser alterada para que a contribuição da natureza mais as externalidades causadas pela produção também sejam contabilizadas (Figura 3), pois somente dessa forma os modelos de produção atual serão alterados, buscando o desenvolvimento sustentável.

Ortega (2004) realizou uma análise multi-variada para comparar os benefícios e os custos das principais modalidades de produção de soja no Brasil. Nesse trabalho, o autor calculou o lucro dos diferentes sistemas (Ecológico, Orgânico, Agroquímico e Herbicida) incluindo além dos insumos e da mão-de-obra, as externalidades decorrentes de cada sistema. A análise econômica ampliada (considerando externalidades negativas) mostrou que os sistemas de produção químicos (Agroquímico e Herbicida) mostraram-se deficitárias, pois seu preço de venda não compensa as despesas reais. Os lucros obtidos foram maiores para os sistemas biológicos e menores para os sistemas químicos. Através de análise emergética, ficou evidenciado através de índices ecológicos, que os melhores sistemas são os biológicos. Dessa maneira, o autor pôde concluir que: (a) Sistema com herbicida aumenta o êxodo rural, a concentração de renda, o impacto ambiental e a dependência tecnológica e política; (b) É necessário discutir a política de preços

considerando os custos das externalidades e subsídios; (c) Taxar produtores que danificam o meio ambiente e não geram postos de trabalho; (d) Estimular a produção agroecológica; (e) Discutir o efeito da adoção de preços justos no mercado internacional, em termos de impacto sócio-ambiental e compromissos com a Agenda 21.

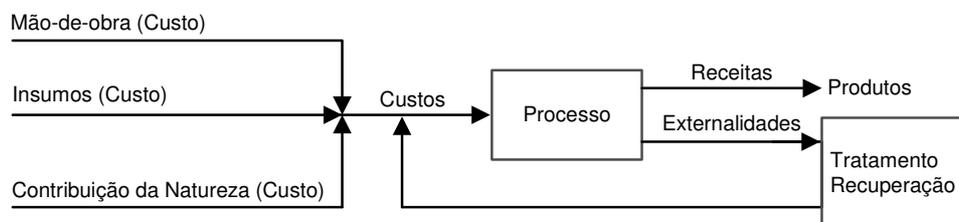


Figura 3 – Custos totais do processo, considerando insumos, mão-de-obra, recursos ambientais e externalidades.

Outros trabalhos que utilizaram análise emergética em pesquisas no Brasil são: o de Comar (1999) que utilizou a análise emergética para comparar a produção de hortaliças pelo modelo convencional e pelo modelo orgânico na região de Botucatu; os de Ortega et al. (2003) e Lanzotti et al. (2000) que realizaram a análise emergética da produção de álcool de cana-de-açúcar do estado de São Paulo e utilizaram os índices emergéticos para qualificar as tendências que afetarão esta indústria; o de Cavalett (2004) que avaliou os aspectos energéticos e sócio-ambientais de dois importantes sistemas aquícolas: a piscicultura integrada à criação de suínos no Estado de Santa Catarina e os pesque-pagues no Estado de São Paulo; o de Sarcinelli et al. (2004), avaliou e comparou os modelos de produção cafeeira convencional e agroecológico, procurando identificar quais pontos devem ser focados pela administração a fim de proporcionar a redução dos custos de produção e aumentar a competitividade das propriedades.

3.3. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

Conhecer e representar a superfície da Terra sempre foi uma preocupação das diversas civilizações do nosso planeta. Os primeiros indícios cartográficos encontrados foram gravados em placas de argila, madeira, metal ou em pedaços de tecidos, e há evidências de terem surgido no Egito, na Assíria, na Fenícia e na China. Discussões sobre a idade desses registros variam entre 2.200 e 3.800 anos antes da era cristã (Coutinho, 2004).

A necessidade de conhecer, mapear e monitorar tanto os recursos naturais como as migrações internas, a fim de promover uma ocupação mais controlada de seu território e a utilização dos recursos disponíveis de forma mais racional, tem incentivado a execução de projetos de levantamento e de mapeamento da superfície terrestre. Tem havido inúmeros avanços através dos equipamentos fotográficos aerotransportados, o lançamento do satélite Landsat em 1972 e do lançamento do satélite Spot em 1986, que apresentava melhorias na resolução espacial e temporal. Na última década, maior tecnologia propiciou o lançamento de satélites ainda mais poderosos em resoluções, como o NOAA, o Ikonos e o Quick-Bird. O sensoriamento remoto por satélite assumiu grande importância nos trabalhos de análise e de monitoramento ambiental em âmbito local, regional e global (Coutinho, 2004).

A utilização de dados espaciais no levantamento de informações sobre o tipo de cultura instalada, áreas plantadas e distribuição espacial dentro de uma região são fundamentais na tomada de decisão para o planejamento, definição e liberação de financiamentos pelos setores públicos ou privados envolvidos na agricultura. Segundo Sano et al. (1998), tais informações também podem ser obtidas por métodos convencionais, envolvendo questionários aplicados diretamente aos produtores. Afirmaram, também, que esses métodos são de aplicação demorada e onerosa e, em função da subjetividade decorrente da avaliação por enquête, podem levar a erros que frequentemente induzem os usuários a questionar os dados.

Rocha (1996) enfatiza que a dinâmica e a complexidade das operações no setor agrícola requerem o controle e a utilização constante de informações sobre as propriedades agrícolas e uso das terras. Estas informações estão normalmente associadas a características físicas, tais como: relevo, tipos de solo, rede viária, rede hídrica, dentre outras. O gerenciamento agrícola depende do manuseio e controle de tal volume de dados que, por

sua vez, deixa de ser eficiente se estes dados não se apresentarem de forma integrada, atualizada, rápida e de fácil interpretação. Assim, o SIG apresenta-se como uma opção aos métodos tradicionais de gerenciamento, pois é uma ferramenta poderosa, integrando dados espaciais e seus atributos, possibilitando a simulação, o modelamento e a visualização de informações associadas aos mapas de áreas de cultivo e fornecendo subsídios ao processo de tomada de decisões.

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas a coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Assim as atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos para cada aplicação. Estes sistemas são conhecidos como Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Há muitas definições de um SIG, dentre as quais se pode citar Borrough (1986, apud Barros Silva 1999 pág. 43) que define SIG como “um poderoso elenco de ferramentas para colecionar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais referenciados ao mundo real”. Para Barros Silva (1999), os SIG’s necessitam: (a) usar o meio digital, portanto o uso intensivo da informática é imprescindível; (b) deve existir uma base de dados integrada, estes dados precisam estar geo-referenciados e com controle de erros; (c) devem conter funções de análises destes dados que variem de álgebra cumulativa (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão, etc.) até álgebra não cumulativa (operações lógicas).

Para ser capaz de realizar estas operações e ainda dispor de entrada e saída de dados em diversos formatos, o SIG normalmente integra diversos outros sistemas como processamento digital de imagens, análise estatística, análise geográfica e digitalização, tendo como ponto central um banco de dados (Rocha, 2003).

Num SIG, dados da paisagem e da cobertura vegetal podem ser analisados juntamente com outros conjuntos de dados (ex.: solos, modelos digitais de elevação, restrições) para se modelar cenários futuros e se avaliar a efetividade de políticas de planejamento, em termos de mudanças na paisagem, monitoradas para cada área (Peccol et al. 1994, apud Rocha 2003, pág. 5). Além disso, as informações podem ser armazenadas e manipuladas de uma maneira flexível e os resultados podem ser documentados num formato mais adequado para tomadores de decisão como governo, políticos e líderes comunitários.

Rocha (2003, pág. 6) chama a atenção para a importância do tomador de decisão, pois o SIG apenas fornece informações para essas pessoas: “É evidente que o sistema depende de sua interação com o analista e o tomador de decisão, que é quem interpreta os resultados gerados colocando toda sua experiência, juntamente com um processo de discussão com a comunidade ou seus representantes, para sintetizá-los e analisá-los, gerando informações e decisões que afetam esta comunidade e o meio ambiente ao seu redor. Assim, o SIG fica caracterizado como um importante sistema de suporte à decisão” (Figura 4).

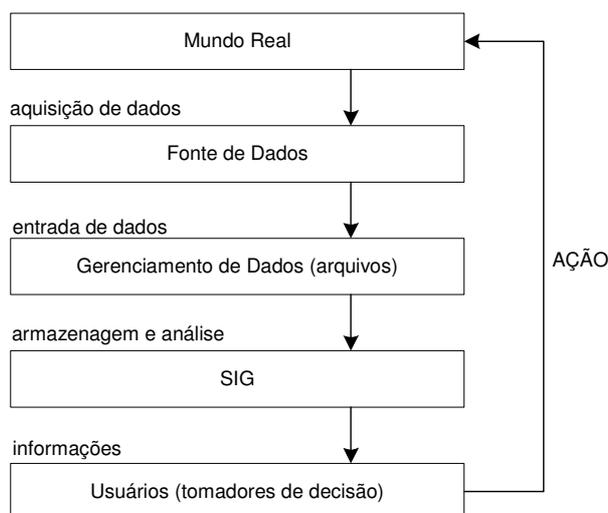


Figura 4 – O SIG no contexto de tomada de decisão. Adaptado de Rocha (2003).

A análise de imagens digitais de sensoriamento remoto orbital possibilitou, nos últimos vinte e cinco anos, um grande desenvolvimento das técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais, adquiridos por diversos tipos de sensores. Estas técnicas têm recebido o nome de processamento digital de imagens. Por Processamento Digital de Imagens entende-se a manipulação de uma imagem por computador de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens (INPE, 2004).

O objetivo de se usar processamento digital de imagens é melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos. O uso de imagens multiespectrais registradas por satélites tais como Landsat, SPOT, ERS1, NOAA ou similares, tem-se mostrado como uma valiosa técnica

para a extração dos dados destinados às várias aplicações de pesquisa de recursos naturais (INPE, 2004).

Antes da escolha dos sistemas e sensores que serão envolvidos no processo de aquisição de dados para o mapeamento e o monitoramento de qualquer alvo sobre a superfície terrestre, devem ser feitas algumas observações sobre as seguintes características: (a) resolução espacial: mede a menor separação angular ou linear entre dois objetos. Em outras palavras, corresponde às dimensões do elemento (pixel) da imagem adquirida pelo sensor; (b) resolução espectral: medida da largura das faixas espectrais do sistema sensor. Por exemplo, um sensor que opera na faixa de 0,4 a 0,45 μm tem uma resolução espectral menor do que outro que opera na faixa de 0,4 a 0,5 μm ; (c) resolução radiométrica: está associada à sensibilidade do sistema sensor para distinguir dois níveis de intensidade do sinal de retorno. Por exemplo, uma resolução de 10 bits, equivalente a 1024 níveis digitais, é melhor que uma de 8 bits, equivalente a 256 níveis digitais; (d) resolução temporal: está relacionada à frequência de aquisição de imagens de um mesmo ponto da superfície terrestre, ou seja, à repetitividade do rastreamento (INPE, 2004).

Outro recente estudo usa as capacidades de simulação do SIG para modelar opções de gerenciamento da qualidade da água nos pântanos da região dos “Everglades”, sul da Flórida. Pelo menos 180 localidades foram revisadas nesta análise. A análise emergética dispõe dos meios para avaliar as melhores técnicas de restauração ambiental usadas por várias companhias de fosfato (Bogges 1994 apud Haberkorn 2003).

Mangabeira (2002), conclui em seu trabalho que a utilização de imagem de satélite é de suma importância e de grande operacionalidade quando utilizadas para tipificar, avaliar e caracterizar sistemas de produção agrícola com base municipal. Segundo o autor, a utilização de SIG no gerenciamento e monitoramento de unidades agrícolas é uma ferramenta muito importante para auxiliar na tomada de decisão, pois disponibiliza informações espaciais sobre o uso atual das terras, da tipologia dos sistemas de produção e dos indicadores agro-ambientais e sócio-econômicos, de forma rápida e precisa, podendo contribuir para a definição de ações como: (a) facilitar o planejamento rural; (b) ajudar na diversificação e intensificação da produção agrícola; (c) facilitar a caracterização, quantificação e qualificação dos agricultores e da agricultura praticada em zonas rurais de

diferentes partes do município; (d) analisar a sustentabilidade de sistemas de produção; (e) balizar o plano diretor municipal.

Azevedo et al. (2001) utilizando SIG para avaliar a gestão ambiental de propriedades rurais, enfatizam a utilidade do mapeamento computadorizado, por meio dos SIG's, como ferramenta complementar e eficiente para fornecer análises agroecológicas e sócio-econômicas dos diversos usos da terra. Os autores concluem que a utilização dos SIG's associados a banco de dados, oferecem rapidez, em termos operacionais, de extração, integração e cruzamento, alteração de dados, obtenção de áreas, geração de novos mapas, permitindo simulações, mediante reclassificação, subdivisão ou agrupamento de classes, entre outros, ultrapassando os procedimentos tradicionais de cadastro rural e planejamento da produção agropecuária.

Pelo exposto acima, percebe-se a importância dos SIG's como ferramenta para fornecer de forma simples e prática, subsídios para auxiliar os tomadores de decisão.

4. OBJETIVO

Avaliar as ferramentas análise emergética e sistema de informações geográficas, para análise de sistemas agrícolas que adotam modelos de produção diferentes.

4.1. Objetivos Específicos

- (a) avaliar a dinâmica de transformação, através de índices emergéticos e mapas de uso e ocupação do solo, de uma propriedade agrícola que utilizava técnicas convencionais de produção e atualmente utiliza conceitos e técnicas agroecológicos;
- (b) analisar a importância de sistemas agrosilvopastoris na infiltração de água para abastecimento dos lençóis subterrâneos;
- (c) realizar análise emergética setorial (áreas de mata, pasto, cultura anual e pomar), para servir de subsídio a projetos de sistemas maiores, como bacias hidrográficas;
- (d) mostrar que a união da análise emergética e sistemas de informações georeferenciadas permitem entender melhor os sistemas agrícolas, fornecendo subsídios para sua gestão.

5. METODOLOGIA

5.1. SELEÇÃO DOS LOCAIS DE ESTUDO

Neste trabalho foram estudados e comparados dois modelos de produção agropecuária: o modelo tradicional, voltado especificamente ao lucro, e o chamado modelo agrosilvopastoril que está voltado ao lucro, mas simultaneamente com o desenvolvimento sustentável. Para este estudo, foram escolhidas três propriedades agrícolas que se localizam no Município de Amparo, estado de São Paulo (Figura 5), todas possuindo as mesmas condições climáticas (radiação solar, velocidade e direção do vento, índice pluviométrico, umidade relativa do ar), mesmas características de solo, relevo, aproximadamente mesma área e todas sob gestão familiar. Sendo iguais as características citadas, os diferenciais sociais, ambientais e econômicos dessas propriedades agrícolas será exclusivamente devido ao manejo adotado (convencional ou agroecológico).

Localizado na região administrativa de Campinas, o Sítio Duas Cachoeiras é um protótipo do tipo de agricultura agroecológico que tem conseguido manter o mesmo princípio de produção desde 1985. Situado na região da Mantiqueira, no município de Amparo, essa unidade de produção rural passou por várias transformações tais como: descontaminação e recuperação da fertilidade do solo; reflorestamento e recuperação da biodiversidade local; produção de alimentos sem o uso de insumos químicos; reciclagem interna de resíduos; aproveitamento dos insumos locais e serviços naturais; trabalhos de extensão e turismo ecológico. Devido a essas qualidades, esta propriedade passou a ser considerada um modelo de referência pela Embrapa Meio Ambiente (CNPMA) e pela Associação de Agricultores Orgânicos do Estado de São Paulo (AAO). Além do exposto acima, outro fator que levou a escolha dessa propriedade, foi o trabalho iniciado por Ortega & Soldera (2003), que estudaram o funcionamento dessa propriedade agrícola.

As duas outras propriedades escolhidas, que trabalham com sistema de produção convencional, são os Sítios Santa Helena e Três Lagos. O primeiro produz legumes, frutas e principalmente café há 25 anos. Em 1997 tentou mudar seu sistema e passar a produzir organicamente, mas devido à falta de informações e ajuda técnica (agrônomos e extencionistas), perdeu grande parte da produção e obteve produtos de baixa qualidade, o

que o levou de volta a produzir convencionalmente, pois não obteve lucro. O proprietário do Sítio Três Lagos é da mesma família que o proprietário do Sítio Duas Cachoeiras, sendo suas propriedades limítrofes. Mesmo assim, o Sítio Três Lagos optou pelo sistema convencional de produção, e desde 1980 produz leite e gado para corte. Essas duas unidades convencionais foram escolhidas devido à disposição a colaborar com informações de seus proprietários.

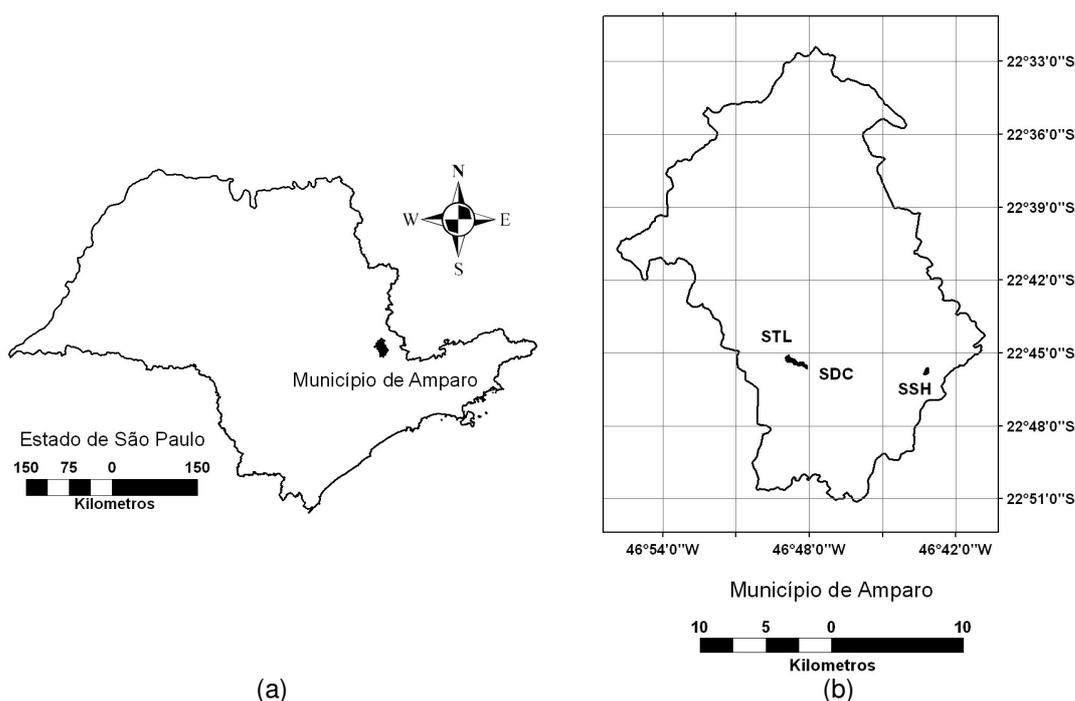


Figura 5 – Áreas de estudo. (a) Localização do município de Amparo no estado de São Paulo; (b) Localização do Sítio Duas Cachoeiras (SDC), do Sítio Santa Helena (SSH) e do Sítio Três Lagos (STL) no município de Amparo.

Pelo exposto acima, as unidades rurais estudadas foram: (a) Sítio Duas Cachoeiras (modelo agroecológico); (b) Sítio Santa Helena (modelo convencional); (c) Sítio Três Lagos (modelo convencional).

5.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As três propriedades estudadas estão localizadas no município de Amparo, região cujo ecossistema predominante era a mata atlântica de altitude, localizada no sopé dos contrafortes a oeste da Serra da Mantiqueira, na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, entre os rios Camanducaia e Jaguari, dentro da microbacia hidrográfica do Ribeirão da Cruz Coberta. Possuem clima de região serrana, com temperaturas variando de 4°C a 33°C, com precipitação média de 1.250 mm/ano (ou 1,25m³/m².ano).

O Município de Amparo possui 446 km² de área com 65.333 habitantes (IBGE, 2004). Segundo dados do LUPA (2004), a ocupação do solo agrícola do município é compreendida de pastagens (60%), seguido de cultura perene (7%), reflorestamento (11%), vegetação natural (8%), cultura semi-perene (4%) e cultura anual (4%). Possui de 5-10% de vegetação nativa, constituída de mata (40%) e capoeira (60%).

A área e coordenadas geográficas das três unidades agrícolas estudadas podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Área e coordenadas das propriedades estudadas.

| Propriedades | Área [ha] | Latitude | Longitude |
|-----------------------|-----------|-----------------|-------------------|
| Sítio Duas Cachoeiras | 29,7 | 22° 45' 26" Sul | 46° 48' 23" Oeste |
| Sítio Santa Helena | 15,6 | 22° 45' 45" Sul | 46° 43' 12" Oeste |
| Sítio Três Lagos | 25,3 | 22° 45' 18" Sul | 46° 48' 47" Oeste |

A produção agrícola do Sítio Duas Cachoeiras está voltada principalmente a atender a demanda das necessidades internas e promover a venda direta de produtos “in natura” ou processados aos consumidores visitantes. Não utiliza insumos químicos (fertilizantes ou agrotóxicos), produzindo organicamente. Há grande diversidade em sua produção, onde se podem citar o arroz, milho, girassol, feijão, mel, frutas, ervas medicinais e lã. O sítio possui 40% de sua área ocupada com mata (incluindo capoeira, mata secundária e mata mista) que, nos últimos anos, foram responsáveis pelo surgimento de duas novas nascentes d’água, melhorando a qualidade e quantidade de água na micro bacia da região. Além de produtos orgânicos, o sítio trabalha com pesquisa e ensino. É muito receptivo a órgãos de pesquisa e trabalha com crianças de escolas de várias partes do estado.

O Sítio Três Lagos e o Sítio Duas Cachoeiras surgiram em 1984 através da divisão da área pela família. O gerenciamento do Sítio Três Lagos passou a ser realizado separadamente ao do Sítio Duas Cachoeiras. A produção de gado de leite e para corte foi a alternativa escolhida pelo Sítio Três Lagos, que possui atualmente em sua área grande quantidade de pasto (70%), produção de milho e capineira para utilizar como ração para o gado. Não possui área de reflorestamento e não protege, através de mata ciliar, o córrego que passa em sua propriedade e os três lagos presentes nela.

O Sítio Santa Helena, assim como os outros dois estudados, possui gerenciamento familiar. A família está na propriedade desde 1930, onde se tinha pasto e se produzia eucalipto para vender às companhias ferroviárias, para a confecção de dormentes, e para alimentar os fornos das cerâmicas da região. Em 1970 começou-se a produzir café. Hoje, a propriedade produz café e chuchu como principais produtos, e como secundários, produz tomate, pimentão, pêssego e trabalha com engorda de frango para corte no sistema de integração para uma empresa da região. Em 1997, o sítio começou a realizar trabalhos para mudar o sistema de produção de convencional para orgânico, mas devido à falta de informações e ajuda de extensionistas, manejou de forma incorreta o solo, utilizou cobertura vegetal não adequada e não selecionou de maneira correta os diferentes tipos de plantas para controle biológico de pragas, fungos e insetos. Assim, obteve produtos de péssima qualidade e prejuízo. Depois dessa frustrada tentativa, o sítio voltou a produzir convencionalmente.

5.3. ANÁLISE EMERGÉTICA

As três propriedades rurais foram analisadas, utilizando os dados do ano de 2003, através da metodologia emergética (Odum, 1996), que possibilita a avaliação ecossistêmica de sistemas de produção agroindustriais.

A utilização da metodologia emergética consiste nas seguintes etapas: (a) construir o diagrama sistêmico para verificar e organizar todos os componentes e os relacionamentos existentes no sistema; (b) construir a tabela de avaliação emergética, com os fluxos quantitativos, baseados diretamente pelos diagramas; (c) calcular os índices emergéticos, que permitirão avaliar a situação econômica e ambiental do sistema.

5.3.1. Primeira Etapa da avaliação emergética

Para a primeira etapa de uma avaliação emergética, é fundamental a identificação dos componentes do sistema, ou seja, conhecer as entradas e saídas. Isso foi possível durante a etapa de levantamento de dados a partir do trabalho de campo realizado nas propriedades, onde, além de conhecer fisicamente, foram realizadas entrevistas com os proprietários. Depois disso, pode-se desenhar o diagrama ecossistêmico (Figura 6) de cada propriedade estudada.

Odum (1996) desenvolveu uma linguagem simbólica gráfica, um verdadeiro dicionário de símbolos energéticos (ver Anexo 1), emprestando símbolos da eletrônica e sistemas de circuitos analógicos e criando outros próprios, para identificar funções e relações nos seus diagramas sistêmicos. Nestes diagramas aparecem os limites do sistema estudado, as funções forçantes externas ao sistema, seus componentes internos, as trajetórias dos fluxos de energia e materiais entre componentes, incluindo as importantes retro-alimentações dos processos em curso. Esses diagramas são essenciais na metodologia emergética e sua simbologia precisa ser estudada e internalizada para compreender e apreciar seu significado e funcionamento.

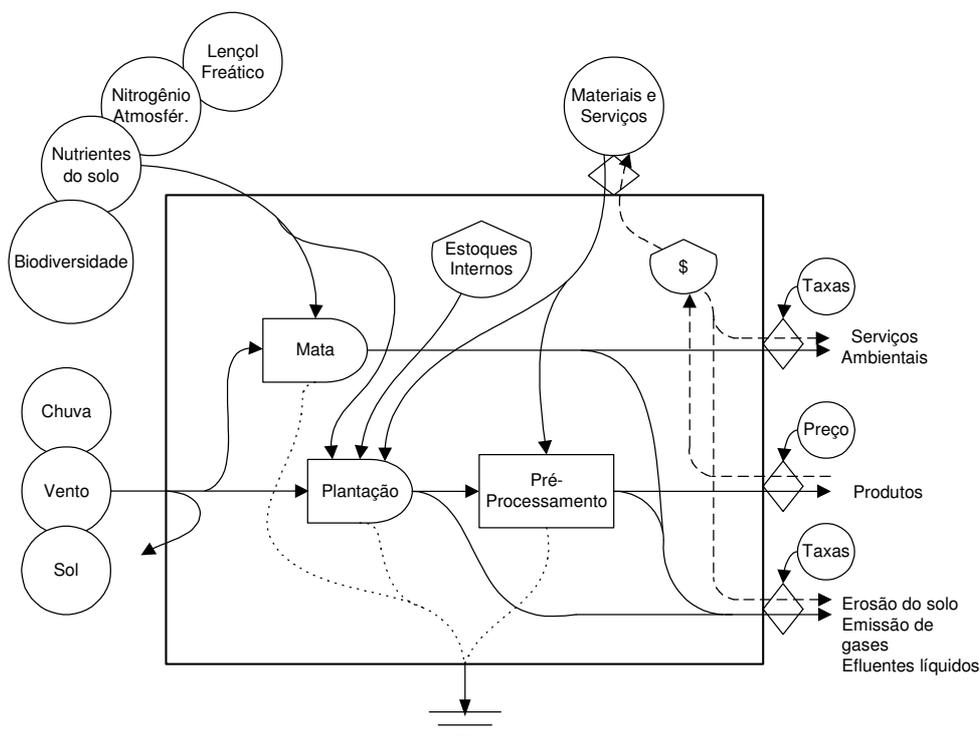


Figura 6 – Diagrama de fluxos de energia de um sistema de produção genérico. Adaptado de Ortega (2002).

No diagrama, é necessário colocar os limites do sistema para identificar todos os fluxos de entrada e saída importantes que cruzam as fronteiras do sistema escolhido. Cada um desses fluxos se converte em uma linha que vai desde a fonte até o(s) componente(s) que a utiliza(m).

5.3.2. Segunda Etapa da avaliação emergética

A segunda etapa consiste em converter cada linha dos fluxos de entrada do diagrama em uma linha de cálculo na tabela de avaliação de emergia (Figura 7). Cada linha na tabela é um “caminho” de entrada no diagrama agregado do sistema observado. Dessa forma, os “caminhos” são avaliados como fluxos em unidades por ano.

| Nota (1) | Contribuições (2) | Valor (3) | Unidades (4) | Transformidade ⁶ (5) | Fluxo de energia (6) |
|--|----------------------|--------------|-----------------|------------------------------------|----------------------------|
| R: Recursos da natureza renováveis | | | | | |
| N: Recursos da natureza não-renováveis | | | | | |
| M: Materiais da economia | | | | | |
| S: Serviços da economia | | | | | |

Figura 7 – Exemplo de Tabela de Avaliação Emergética.

A coluna (1) consiste em uma nota para referenciar os detalhes dos cálculos de cada um dos fluxos de energia, enquanto que a coluna (2) fornece o nome dos insumos do sistema. A coluna (3) contém o valor numérico da quantidade de cada fluxo e a coluna (4) contém as unidades dos valores da coluna (3). A coluna (5) contém o valor da transformidade ou energia por unidade (sej/kg, sej/J ou sej/US\$) para cada fluxo da coluna (3). A unidade da transformidade depende da unidade da coluna (4). A coluna (6) contém o fluxo de energia total, que é calculado multiplicando-se a coluna (3) pela coluna (5).

Como pode ser observado na Figura 7, também há divisões na horizontal para facilitar a identificação dos tipos de recursos usados. Os primeiros fluxos colocados são os relacionados à contribuição da natureza (I), ou seja, os recursos naturais renováveis (R) e os não-renováveis (N). Depois são colocados os recursos da economia (F), que são divididos em materiais (M) e serviços (S). No final, tem-se o total de energia utilizado pelo sistema (Y), que é a soma de I com F. A Figura 8 resume o exposto acima. Com os valores desses fluxos agregados, é possível obter o valor dos índices emergéticos, os quais permitirão comparar sistemas.

⁶ Transformidade é definida como “a energia solar requerida para obter 1J de serviço ou produto” (Odum, 1996). Transformidade solar é medida em sej/J (sej: solar emjoule). A transformidade solar é obtida através da energia solar dividida por sua energia disponível. Segundo Odum (1996), os fluxos de energia no universo estão organizados hierarquicamente de acordo com a energia de transformação, e a posição nessa hierarquia, é dada pela transformidade, ou seja, ela mostra a qualidade da energia. Transformidade é também chamada de eficiência ecossistêmica (inverso da eficiência $\rightarrow Tr = 1/\eta$). Neste trabalho, para a tabela de avaliação emergética, foram utilizadas transformidades de outros trabalhos (citados nos cálculos).

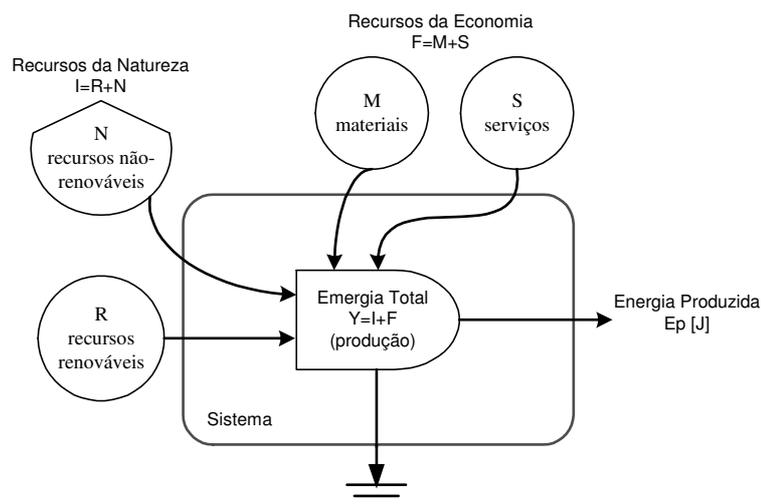


Figura 8 – Indicadores energéticos agregados.

A tabela dos produtos do sistema, que contém a energia produzida e o dinheiro recebido, também é construída (Figura 9).

| Produto | Produção [kg/ano] | Valor Calórico do Produto [kcal/kg] | Energia do Produto [J/ha.ano] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
|---------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--|
| Total: | | | | |

Figura 9 – Exemplo de tabela para calcular a energia produzida e o dinheiro recebido pelo sistema.

Definições obtidas de trabalhos de Comar (1998) e Ulgiatti et al. (1994): a energia não renovável (N) é o estoque de energia e matéria como os minerais, solo e combustíveis fósseis, que são consumidos em uma razão que excede o processo de produção geológica; a energia renovável (R) é o fluxo de energia que é praticamente constante e recorrente, que conduz os processos biológicos e químicos da Terra, e contribui para os processos geológicos; o retorno energético (F) é a energia proveniente de um nível hierárquico superior e que influencia o fluxo no sistema energético, como os combustíveis, bens e serviços provenientes das atividades humanas; o produto é a energia fornecida pelo sistema e corresponde a somatória das energias dos recursos utilizados.

5.3.3. Terceira Etapa da avaliação emergética

A terceira etapa consiste em obter os índices emergéticos a partir dos indicadores agregados obtidos anteriormente através da tabela de avaliação de fluxos de energia. Os índices são os seguintes (Cavallet, 2004):

(a) Transformidade (Tr): esse índice avalia a qualidade do fluxo de energia e permite fazer comparações com outras formas de energia de outros sistemas, além de ser uma medida da posição do produto em termos de hierarquia energética. A transformidade solar do recurso gerado por um sistema é obtida dividindo-se a energia que o sistema incorporou ao produto final (Y) pela energia produzida pelo sistema (Ep), ou seja, $Tr=Y/Ep$. Sua unidade é expressa em energia por unidade de energia, massa ou dinheiro, usualmente sej/J, sej/kg ou sej/US\$.

(b) Renovabilidade Emergética (%R): é utilizada para avaliar a sustentabilidade dos sistemas de produção. O índice de renovabilidade é expresso em porcentagem e é definido como a razão entre a energia dos recursos naturais renováveis empregados (R) e a energia total utilizada pelo sistema (Y), ou seja, $\%R=R/Y$.

(c) Razão de Rendimento Emergético (EYR): é uma medida da incorporação de energia da natureza e é expresso como a relação do total de energia investida (Y) por unidade de retorno econômico (F), ou seja, $EYR=Y/F$. Indica quanta energia da natureza (gratuita) o processo retorna ao setor econômico.

(d) Razão de Investimento Emergético (EIR): mede o investimento da sociedade para produzir determinado bem em relação à contribuição da natureza. O EIR é obtido através da divisão dos recursos da economia (F) pelos recursos provenientes da natureza (I), ou seja, $EIR=F/I$. Pode ser interpretado como um índice de competitividade que varia com o lugar e o tempo.

(e) Taxa de Intercâmbio Emergético (EER): De acordo com Odum (2001), como as pessoas não pensam em unidades de energia, é recomendado o uso de seu equivalente econômico denominado em dólar. Ele é obtido através da razão energia/dinheiro, onde a energia contabiliza todas as fontes energéticas usadas pelo sistema natureza-economia humana do país em determinado ano, e o dinheiro é o produto nacional bruto (PNB) expresso em dólares na taxa média anual. Em Odum

(1996), encontra-se o valor do emdólar para diversos países. A Figura 10 mostra a curva de evolução do valor da energia por dólar no Brasil.

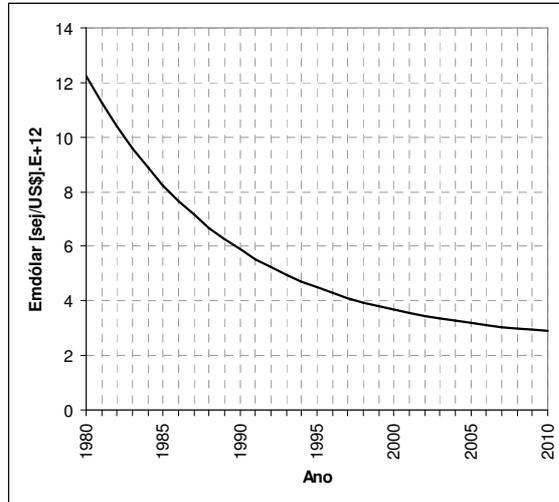


Figura 10 – Emdólar utilizado no Brasil.

(Fonte: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm> - acessado em 17/09/2004)

A taxa de intercâmbio energético (EER) é a energia do produto (Y) dividido pelo valor de energia recebido pela venda do produto, que é encontrado através da multiplicação da relação energia/dinheiro (chamado de emdólar e cuja unidade é sej/US\$) pelo dinheiro recebido pela venda (US\$), ou seja, $EER=Y/[US\$ \times \text{sej}/US\$]$. É a relação de energia recebida pela energia fornecida nas transações econômicas (vendas no comércio). Esse índice avalia se o produtor está recebendo na venda dos produtos, toda a energia necessária para a produção.

Com os dados da Figura 10 foi obtida a equação (1) que fornece o valor da relação energia/dólar para o Brasil em diversos anos. O valor para o ano de 2003 utilizado nesse trabalho foi de $3,3E+12$ sej/US\$.

$$\frac{\text{energia}}{\text{dólar}} = \frac{\left(248 + 878,16 * e^{\frac{-(ano-1981)}{9,49}} \right)}{100} \quad [\text{sej}/US\$]. 10^{12} \quad (1)$$

Com os índices, podem-se comparar os sistemas analisados e fazer alguns julgamentos. Os critérios usados no julgamento de alternativas diferem, dependendo do

caso, entre compararem-se dois ou mais sistemas, ou avaliar-se um único. Os índices avaliam a sustentabilidade do sistema, verificando qual a dependência de insumos da economia, serviços, recursos naturais renováveis e não renováveis. Através dos índices, pode-se analisar se a sobrevivência do sistema está relacionada à utilização excessiva de recursos não-renováveis ou se está baseada na utilização racional de recursos da natureza, garantindo maior sustentabilidade.

5.3.4. Índice econômico: rentabilidade

Além dos cinco índices emergéticos, também foi calculado um índice econômico, denominado rentabilidade econômica.

Segundo Ortega (2004), a rentabilidade de um produto é o valor da somatória das vendas menos os custos, e dividido pela somatória dos custos de produção (equação 2), que incluem somente os insumos e a mão-de-obra. Se houver mudanças de acordo com novas políticas públicas, a metodologia de cálculo da rentabilidade poderia ser melhorada, incluindo nos custos de produção o valor das externalidades (equação 3).

Rentabilidade (R) calculada atualmente:

$$R = \frac{Vendas - Custos}{Custo} = \frac{\sum(\text{produtos} * \text{preço}) - (\sum \text{Insumos} + \sum \text{Mão-de-Obra})}{\sum \text{Insumos} + \sum \text{Mão-de-Obra}} \quad (2)$$

Rentabilidade (R) calculada considerando as externalidades negativas:

$$R = \frac{Vendas - Custos}{Custo} = \frac{\sum(\text{produtos} * \text{preço}) - (\sum \text{Insumos} + \sum \text{Mão-de-Obra} + \sum \text{Externalidades})}{\sum \text{Insumos} + \sum \text{Mão-de-Obra} + \sum \text{Externalidades}} \quad (3)$$

Dessa forma, se percebe que a rentabilidade de uma unidade rural que produz com excesso de externalidades, calculada através da equação (3) será mais baixa, favorecendo aqueles que produzem com preceitos agroecológicos (que produzem pouca ou nenhuma externalidade negativa e utilizam recursos naturais de maneira sustentável). Segundo Pretty et al. (2001), somente com a mudança nas políticas públicas, conseguiremos incentivar os

produtores a mudar seu modelo de produção, passando a produzir externalidades positivas, com o objetivo do desenvolvimento sustentável.

Nesse projeto, a obtenção do valor das externalidades negativas não foi objeto de estudo, mas foi calculada a rentabilidade pelas equações (2) e (3) considerando o estudo de Pretty et al. (2000 e 2001 – citado no item 3.1) para o valor das externalidades negativas do Reino Unido, sendo de 360,00 US\$/ha.ano.

5.4. ANÁLISE EMERGÉTICA MODIFICADA

Ortega et al. (2002) utilizaram em seu estudo as renovabilidades parciais de cada fluxo que entra no sistema. Segundo Cavalett (2004, pág. 42), que também utilizou essa modificação para calcular a sustentabilidade de sistemas integrados de criação de suínos com produção de peixe, trata-se de “uma evolução na metodologia emergética representando mais um passo na direção de descrever com maior fidelidade a sustentabilidade dos sistemas produtivos”.

Na modificação, os materiais e serviços possuem uma fração de renovabilidade que depende de onde foram obtidos (local ou regional) e como foram produzidos (indústria, artesanal - doméstico). Como exemplo, pode-se citar o esterco comprado de uma propriedade vizinha comparado ao esterco comprado de uma indústria que está distante da propriedade e que utilizou excesso de materiais e serviços para vendê-la. É evidente que o esterco da propriedade vizinha possui uma fração renovável maior comparado ao da indústria.

No presente trabalho, também foi realizada a análise emergética das três propriedades considerando as renovabilidades parciais de cada fluxo de entrada, com o objetivo de comparar com a análise emergética que não inclui as renovabilidades.

5.5. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

O auxílio do sistema de informações geográficas, importante ferramenta na execução deste projeto, foi utilizado para: (a) calcular a perda de solo das três propriedades; (b) confeccionar mapas de uso e ocupação do solo do Sítio Duas Cachoeiras para os anos de 1980, 1990 e 2003.

5.5.1. Perda de solo

A perda de solo por erosão hídrica, que é utilizada na análise emergética, foi calculada através da equação universal de perda de solo revisada RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), proposta por Wischmeier & Smith (1978) e revisada por Renard et al. (1994), simultaneamente com sistemas de informações geo-referenciadas. A equação de perda de solo exprime a ação dos principais fatores que sabidamente influenciam a erosão pela chuva. A equação (RUSLE) é expressa por:

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (4)$$

Onde:

A= perda de solo calculada por unidade de área [t/(ha.ano)];

R= fator de chuva: índice de erosão pela chuva [MJ.mm/(ha.h.ano)];

K= fator de erodibilidade do solo: intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais, em declive de 9% e comprimento de rampa de 25m [t.h/(MJ.mm)];

L= fator comprimento do declive: relação de perdas de solo entre um comprimento de declive qualquer e um comprimento de rampa de 25m para o mesmo solo e grau de declive [adimensional];

S= fator grau de declive: relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa [adimensional];

C= fator uso e manejo: relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto, isto é, nas mesmas condições em que o fator K é avaliado [adimensional];

P= fator prática conservacionista: relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo [adimensional].

Foram adquiridas através da Prefeitura Municipal de Amparo, duas fotografias aéreas na escala de 1:30.000 tiradas em dezembro de 2002, que cobrem as propriedades estudadas. Inicialmente, elas foram geo-referenciadas através do software ERDAS Imagine versão 8.7, instalado em um computador na Embrapa Monitoramento por Satélite (CNPM). No presente trabalho, foi utilizado o sistema de projeção Internacional 1909, Córrego Alegre 23° Sul.

Em seguida, as fotografias já geo-referenciadas foram exportadas para outro software SIG (ArcGIS 9.0), para a confecção dos mapas temáticos e obtenção dos fatores que a equação de perda de solo contempla. O fluxograma utilizado para calcular a perda de solo pode ser visualizado na Figura 11.

5.5.1.1. Fator chuva (R)

O fator chuva é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva, esperada em dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção. Neste projeto, o fator chuva foi extraído de Bertoni & Lombardi Neto (1999, Figura 10.1 pág. 254), possuindo valor de 7.260 [MJ.mm/(ha.h.ano)].

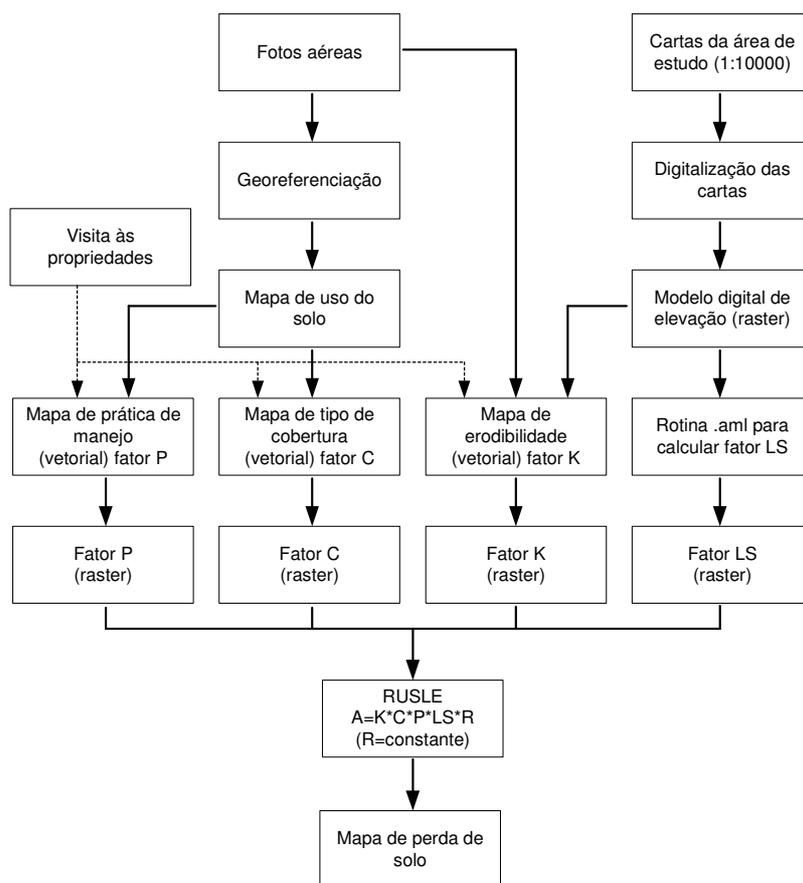


Figura 11 – Fluxograma utilizado para o cálculo da perda de solo.

5.5.1.2. Fator erodibilidade (K)

O significado de erodibilidade do solo é diferente de erosão do solo. A intensidade de erosão de uma área qualquer pode ser influenciada mais pelo declive, características das chuvas, cobertura vegetal e manejo, do que pelas propriedades do solo. Contudo, alguns solos são mais facilmente erodidos que outros, mesmo quando o declive, a precipitação, a cobertura vegetal e as práticas de controle de erosão são as mesmas. Essa diferença, devida às propriedades inerentes ao solo, é referida como erodibilidade do solo. Para a obtenção desse fator, foi produzido um mapa expedido de solos, com base em fotointerpretação e na topografia do terreno. As áreas de estudo foram percorridas efetuando-se várias checagens e observações de campo por caminhamento. Os solos foram classificados até o segundo nível categórico com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999)

e interpretação de sua morfologia segundo metodologia específica (Embrapa, 1999; Lemos & Santos, 1996). O mapa expedito de solos foi digitalizado, vetorizado e integrado no SIG. O mapa expedito de solos foi transformado em um mapa de fator de erodibilidade com base na literatura citada, que pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 – Fator de erodibilidade utilizados para cada tipo de solo das propriedades estudadas.

| Tipo de solo | Fator K [t.h/(MJ.mm)] |
|---|------------------------------|
| Gleissolo Háptico – textura argilosa – A moderado | 0,007 |
| Argissolo Vermelho Amarelo – textura média/argilosa e argilosa – A moderado | 0,022 |
| Argissolo Vermelho – textura média/argilosa – A moderado | 0,022 |
| Argissolo Vermelho – textura argilosa – A moderado | 0,022 |
| Argissolo Vermelho – textura argilosa – fase erodida | 0,026 |
| Cambissolo Háptico Tb – textura argilosa com cascalho – A proeminente – fase ligeiramente rochosa | 0,040 |
| Cambissolo Háptico Tb – textura argilosa – A moderado | 0,044 |
| Cambissolo Háptico Tb – textura argilosa com cascalho – A moderado | 0,047 |
| Cambissolo Háptico Tb – textura argilosa com cascalho – fase pedregosa | 0,047 |
| Cambissolo Háptico Tb – textura média com cascalho – A moderado | 0,050 |
| Cambissolo Háptico Tb – textura média – A moderado | 0,050 |
| Cambissolo Háptico Tb – textura média com cascalho – A moderado – fase drenagem imperfeita | 0,050 |
| Neossolo Litólico – textura média | 0,050 |
| Afloramento Rochoso e Neossolo Litólico – textura média – A moderado | 0,054 |

Fontes: Bertoni & Lombardi Neto (1999); Resende & Almeida (1985); Lu et al. (2004); Guerra et al. (1999).

5.5.1.3. Fatores comprimento e grau de declive (LS)

A intensidade de erosão pela água é grandemente afetada tanto pelo comprimento do declive como pelo seu gradiente. Esses dois efeitos, pesquisados separadamente, são representados na equação de perda de solo por L e S respectivamente. Para a aplicação prática da equação, eles são considerados conjuntamente como um fator topográfico: LS.

Inicialmente, foram adquiridas cópias heliográficas das cartas do município de Amparo que abrangem as propriedades estudadas. Elas foram adquiridas através do Instituto Geográfico e Cartográfico na escala de 1:10000. Em seguida, essas cartas foram “scaneadas” e inseridas no software ERDAS Imagine 8.7 para serem geo-referenciadas via teclado. Depois foram exportadas para o software ArcGIS 9.0 e vetorizadas.

Após a digitalização, foi obtido pelo mesmo software, o modelo digital de elevação (MDE). Em seguida, foi utilizado uma Arc Macro Language (rotina AML) para calcular o fator topográfico, de acordo com Lu et al. (2004). A rotina AML foi desenvolvida por Hickey (2000) e Van Remortel et al. (2001), e está disponível no seguinte endereço

eletrônico: www.cwu.edu/~rhickey/slope/slope.html (acessado em 11 de novembro de 2004). O código fonte da rotina pode ser visto no Anexo 2.

5.5.1.4. Fator uso e manejo (C)

As perdas de solo que ocorrem em uma área mantida continuamente descoberta podem ser estimadas pelo produto dos termos R, K e LS da equação de perdas de solo. Entretanto, se a área estiver cultivada, tais perdas serão reduzidas devido à proteção que a cultura oferece ao solo. Essa redução depende das combinações de cobertura vegetal, seqüência de cultura e práticas de manejo. Depende também do estágio de crescimento e desenvolvimento da cultura durante o período das chuvas.

O fator uso e manejo é o mais difícil de se obter de todos aqueles presentes na equação de perda de solo. Neste estudo, o fator C (Tabela 3), foi extraído de outros trabalhos (Resende & Almeida, 1985; Gabriels et al., 2003; Shi et al., 2004) e utilizado de acordo com o conhecimento das propriedades através de muitas pesquisas de campo.

Tabela 3 – Valores do fator C.

| Cobertura Vegetal | Fator C [adimensional] | Cobertura Vegetal | Fator C [adimensional] |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| construção | 0 | pasto sujo | 0,1 |
| estufa | 0 | chuchu | 0,1 |
| lago | 0 | laranja | 0,1 |
| aviário | 0 | arroz | 0,15 |
| terreiro | 0 | café | 0,2 |
| gramado | 0,01 | pêssego | 0,2 |
| mata mista | 0,01 | pasto limpo | 0,35 |
| mata ciliar | 0,02 | girassol/guandu/feijão | 0,4 |
| mata | 0,02 | feijão/milho/girassol | 0,4 |
| eucalipto | 0,04 | milho | 0,4 |
| pinheiros | 0,04 | feijão de porco/milho | 0,5 |
| capineira | 0,05 | pimentão | 0,6 |
| pomar | 0,08 | estrada | 1 |
| laranja | 0,08 | solo nú | 1 |
| capoeira | 0,09 | | |

Fonte: Resende & Almeida (1985); Gabriels et al. (2003); Shi et al. (2004).

5.5.1.5. Fator prática conservacionista (P)

O fator P (Tabela 4) da equação de perdas de solo é a relação entre a intensidade esperada de tais perdas com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive (morro abaixo). As práticas conservacionistas mais comuns para as culturas anuais são: plantio em contorno, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternância de capinas.

Tabela 4 – Valor de P para algumas práticas conservacionistas.

| Práticas Conservacionistas | Fator P [adimensional] |
|--|------------------------|
| Plantio morro abaixo | 1,0 |
| Aradura em contorno | 0,75 |
| Aradura em cordões em contorno | 0,50 |
| Aradura e faixas de vegetação em contorno | 0,25 |
| Cordões em contorno | 0,20 - 0,10 |
| Faixas antierosão (2 a 4m de largura) | 0,30 - 0,10 |
| Cobertura morta | 0,01 |
| Pastagem temporária ou plantas em cobertura | 0,50 - 0,10 |
| Muros de pedras | 0,10 |
| Alternância de capinas + plantio em contorno | 0,40 |

Fontes: Resende & Almeida (1985); Bertoni & Lombardi Neto (1999).

5.5.2. Dinâmica da Transformação do Sítio Duas Cachoeiras

Foi realizado um estudo da evolução ao longo dos anos (1980, 1990 e 2003) do Sítio Duas Cachoeiras com auxílio de sistema de informações geo-referenciadas. Esses anos foram escolhidos por apresentarem historicamente as mudanças no modelo de produção agrícola adotado pelo sítio, e também pelo fato de haver informações arquivadas. A mesma fotografia aérea utilizada no cálculo da perda de solo também foi utilizada para confeccionar os mapas temáticos de uso e ocupação do solo para os três anos distintos. A fotografia aérea foi tirada no ano de 2002 (dezembro) e fornecida pela Prefeitura Municipal de Amparo e, dessa forma, o mapa de uso e ocupação para o ano de 2003 foi realizado através de digitalização utilizando o software ArcGIS 9.0. Em seguida, esse mapa foi levado até o proprietário do Sítio Duas Cachoeiras para ser revisado e, logo depois, desenhar um esboço do uso e ocupação do sítio para os anos de 1980 e 1990, através de

informações arquivadas (planilhas de produção, esboço de mapas, fotografias antigas, etc.). A elaboração desses mapas digitais permite avaliar se a gestão dos recursos do Sítio Duas Cachoeiras é coerente com os preceitos de manejo sustentável do solo.

5.5.3. Análise Emergética Setorial

Após a confecção do mapa temático de uso e ocupação do solo do Sítio Duas Cachoeiras para o ano de 2003, foi realizada uma análise emergética setorial para as seguintes áreas: cultura anual, pomar, mata e pasto. Este estudo serviu para realizar comparações internas ao Sítio Duas Cachoeiras verificando qual área possui melhor eficiência ecossistêmica, além de servir de subsídio para estudos futuros em sistema maiores, como por exemplo, bacias hidrográficas. Esses setores foram escolhidos por ocuparem grande área do sítio e, também, pelo fato de serem comuns em outras propriedades, permitindo comparações em projetos futuros.

5.6. SISTEMA AGROECOLÓGICO COMO PRODUTOR DE ÁGUA

Sistemas agroecológicos possuem a capacidade de infiltrar no solo grande parte da água precipitada em sua área. Essa infiltração depende principalmente do manejo adotado, da cobertura vegetal e do tipo de solo. Os sistemas agroecológicos possuem grande porcentagem de sua área coberta com mata e, nas outras áreas, trabalham com técnicas conservacionistas (cobertura morta, terraços, agrofloresta, etc.), possibilitando maior infiltração da água da chuva nos lençóis subterrâneos. Isso garante água em quantidade e qualidade (pois esses sistemas não utilizam agroquímicos), não tendo problemas com as vazões de máxima e mínima, pois a cobertura vegetal e o solo funcionam como “esponjas”, liberando vagarosamente a água durante o ano.

A permeabilidade do solo depende, dentre outros fatores, da quantidade, da continuidade e do tamanho de poros, sendo a compactação e a descontinuidade dos poros responsáveis pela redução significativa da permeabilidade do solo à água (Souza & Alves, 2003).

Quando um solo começa a ser cultivado há alterações na sua estrutura natural. Segundo estudos realizados por Lal (1974, apud Souza & Alves), foi verificada uma redução de 40 e 70% na infiltração acumulada, numa área cultivada com milho por um ano, e em outra preparada e sem cobertura, no mesmo período, respectivamente, comparadas com uma área sob floresta. Segundo o autor, as diferenças foram devidas às alterações na estrutura, sobretudo na superfície, pois a energia cinética das gotas de chuva é responsável por essas alterações, causando o selamento, que reduz a infiltração acumulada e a taxa de infiltração. Na tentativa de solucionar os problemas decorrentes do preparo convencional, surgiram os preparos conservacionistas, que proporcionam menos mobilização do solo e mantêm maior proteção da superfície com os resíduos culturais.

As alterações que ocorrem na estrutura do solo, evidenciando-se por modificações nos valores de densidade do solo, afetam sua resistência à penetração, a porosidade total, a distribuição do diâmetro dos poros e sua porosidade de aeração, a armazenagem e disponibilidade de água às plantas, a dinâmica da água na superfície e no seu perfil, bem como a consistência e a máxima compactabilidade do solo (Klein et al., 1998).

Foi realizado o cálculo da quantidade de água infiltrada no solo do Sítio Duas Cachoeiras, considerando apenas a cobertura vegetal. A precipitação média anual da região é de 1.250 mm (CPTEC, 2004). As porcentagens de infiltração de água no solo, referentes ao tipo cobertura vegetal, foram estimadas através de diferentes trabalhos (Gicheru et al., 2004; Souza e Alves, 2003; Centurion et al., 2001; Cavenage et al., 1999; Lima, 1996) e consideradas como: 30% para áreas de matas mais densas; 20% para áreas de cerrado, áreas de cultura anual e permanente com manejo conservacionista; porcentagens menores para outras áreas de acordo com a prática conservacionista.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. CÁLCULO DA PERDA DE SOLO

O valor da perda de solo em ton/ha.ano para cada propriedade pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 – Quantidade de solo perdido por erosão hídrica para as três propriedades estudadas.

| | Sítio Duas Cachoeiras | Sítio Santa Helena | Sítio Três Lagos |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|------------------|
| Perda de Solo [ton/ha.ano] | 33,0 | 59,0 | 118,4 |
| Área [ha] | 29,7 | 15,6 | 25,3 |

Os mapas de uso do solo, tipos de solo e o mapa de perda de solo para as três propriedades, podem ser visualizados nas Figuras 12 a 20.

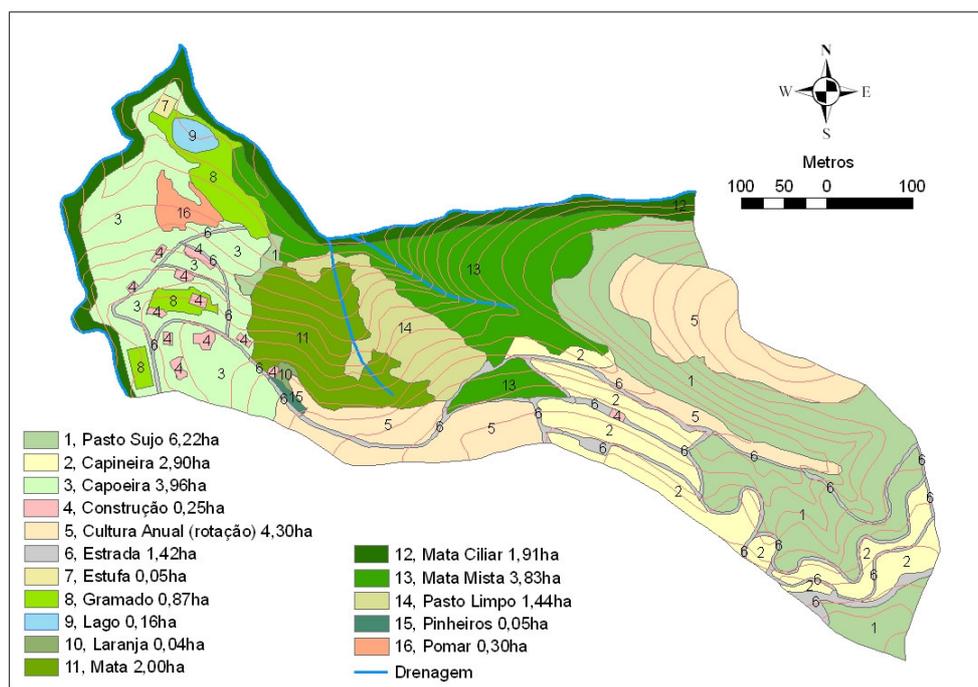


Figura 12 – Mapa de uso do solo do Sítio Duas Cachoeiras.

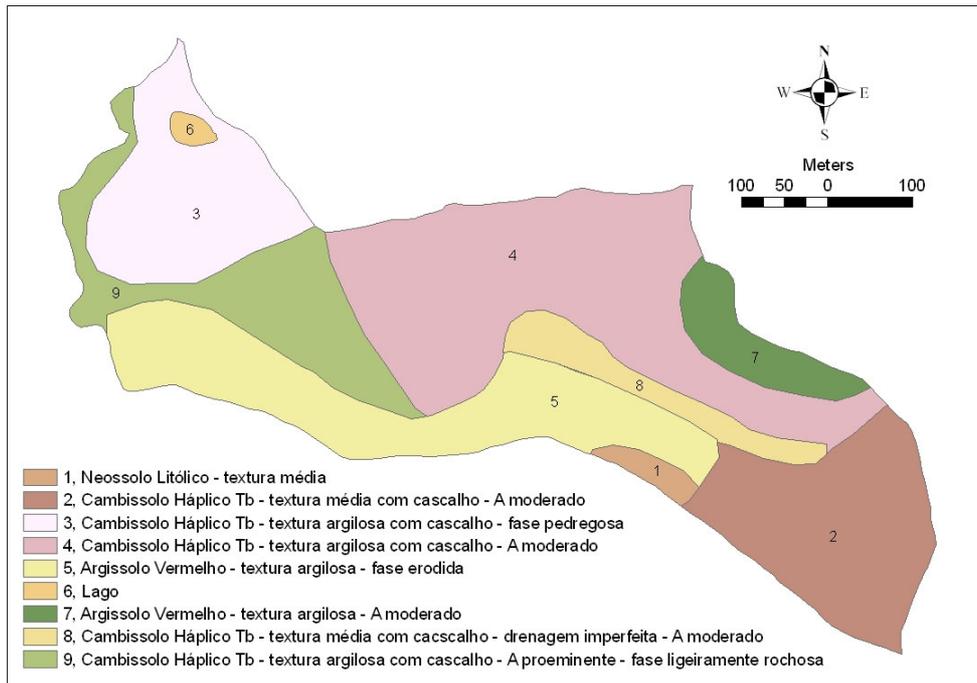


Figura 13 – Mapa de tipos de solo do Sítio Duas Cachoeiras.

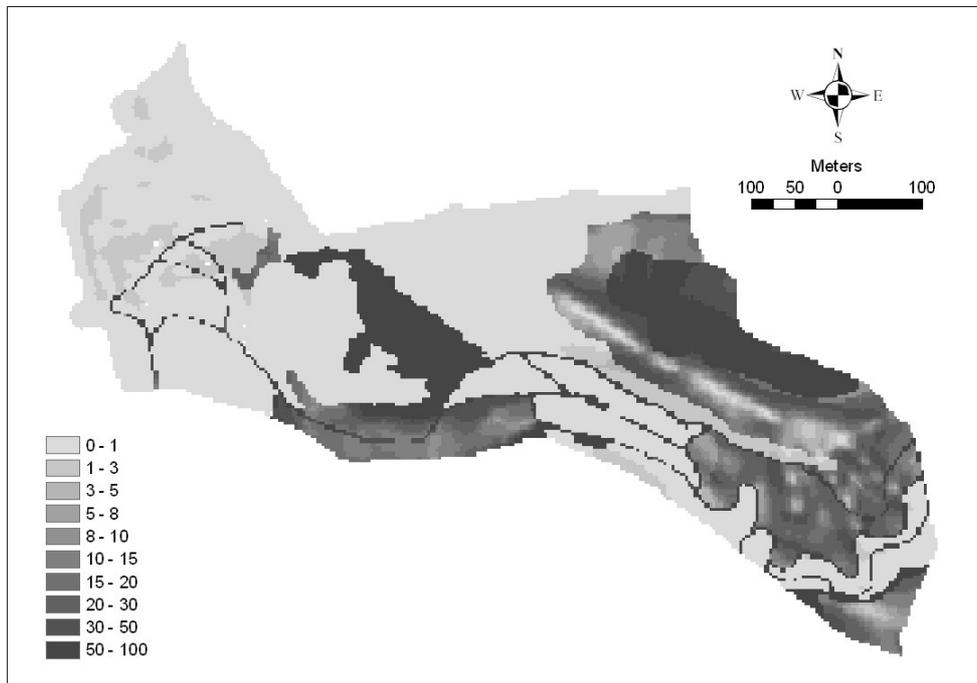


Figura 14 – Mapa de perda de solo do Sítio Duas Cachoeiras. Valores em ton/ha.ano.

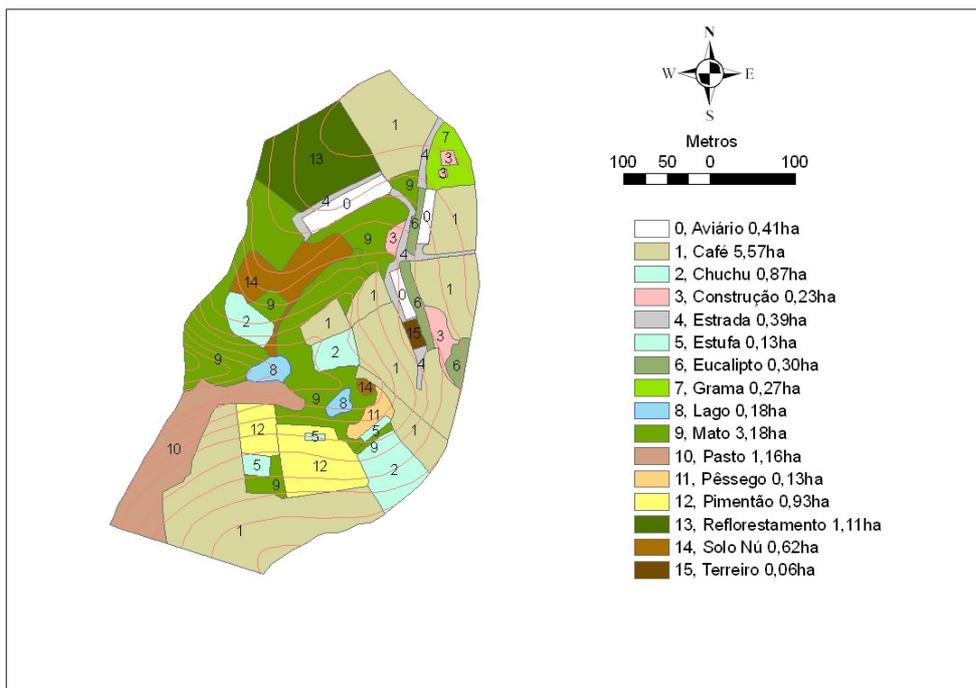


Figura 15 – Mapa de uso do solo do Sítio Santa Helena.

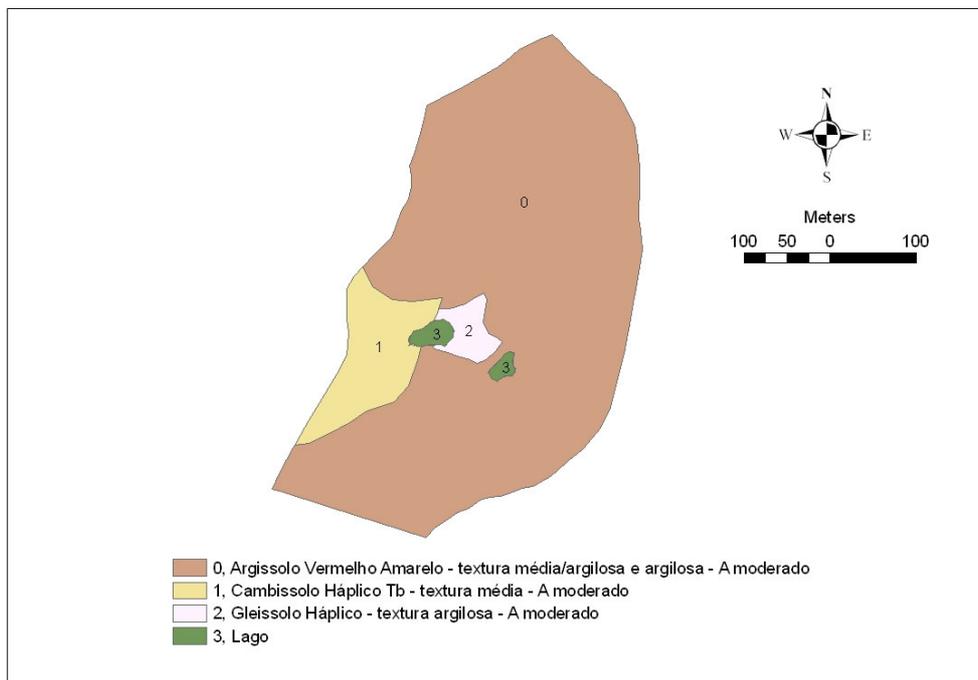


Figura 16 – Mapa de tipos de solo do Sítio Santa Helena.

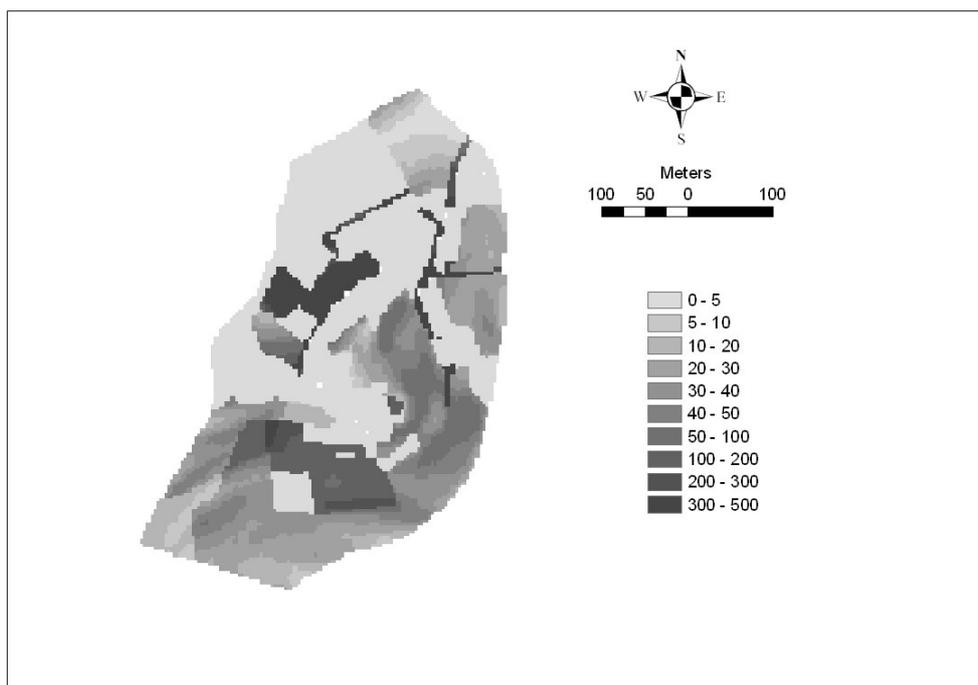


Figura 17 – Mapa de perda de solo do Sítio Santa Helena. Valores em ton/ha.ano.

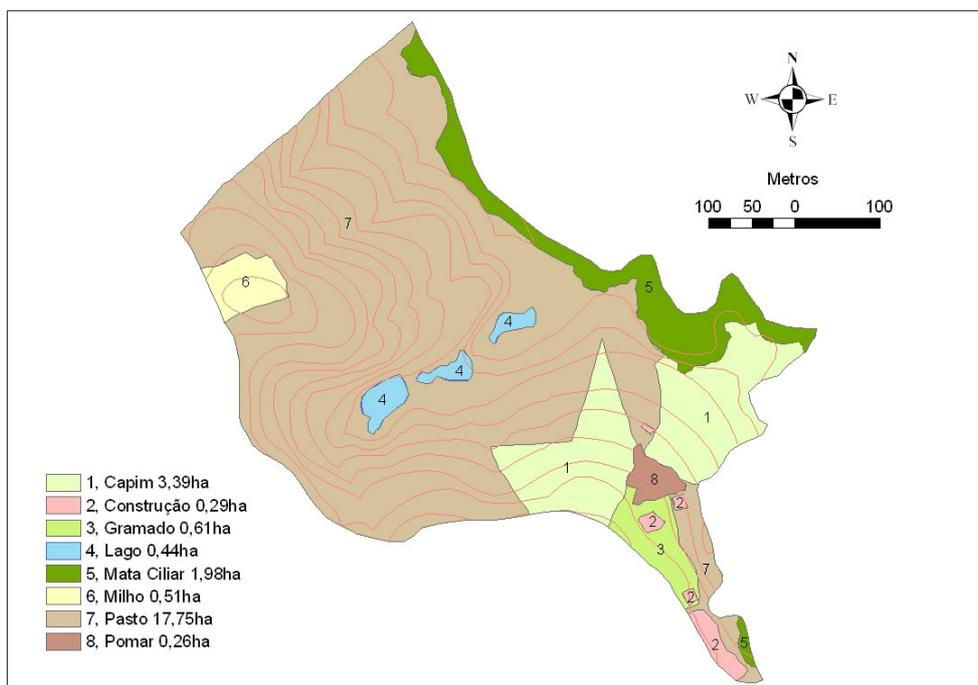


Figura 18 – Mapa de uso do solo do Sítio Três Lagos.

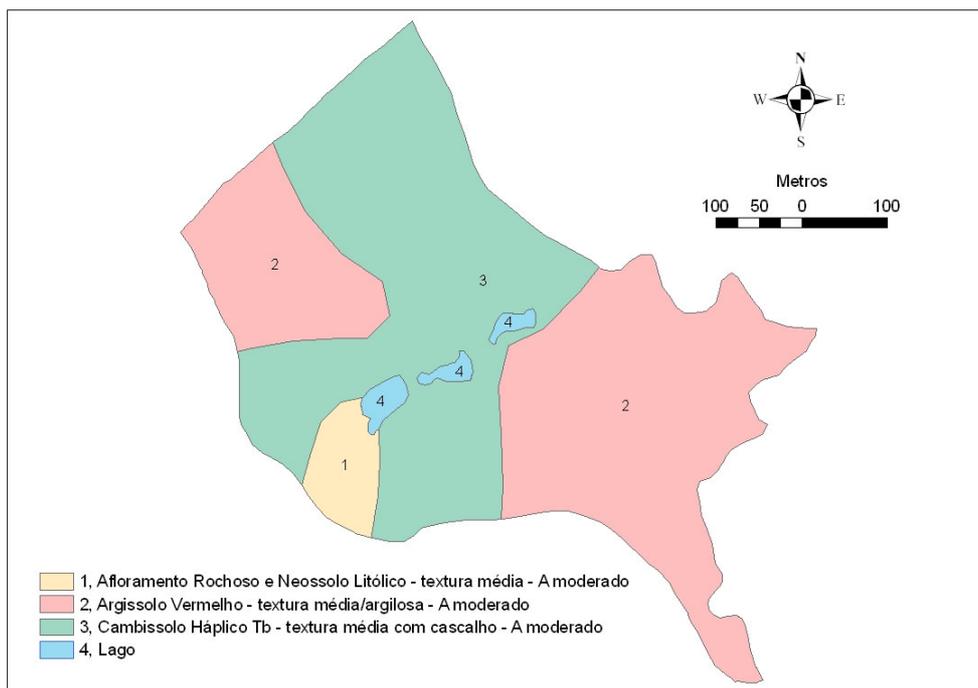


Figura 19 – Mapa de tipos de solo do Sítio Três Lagos.

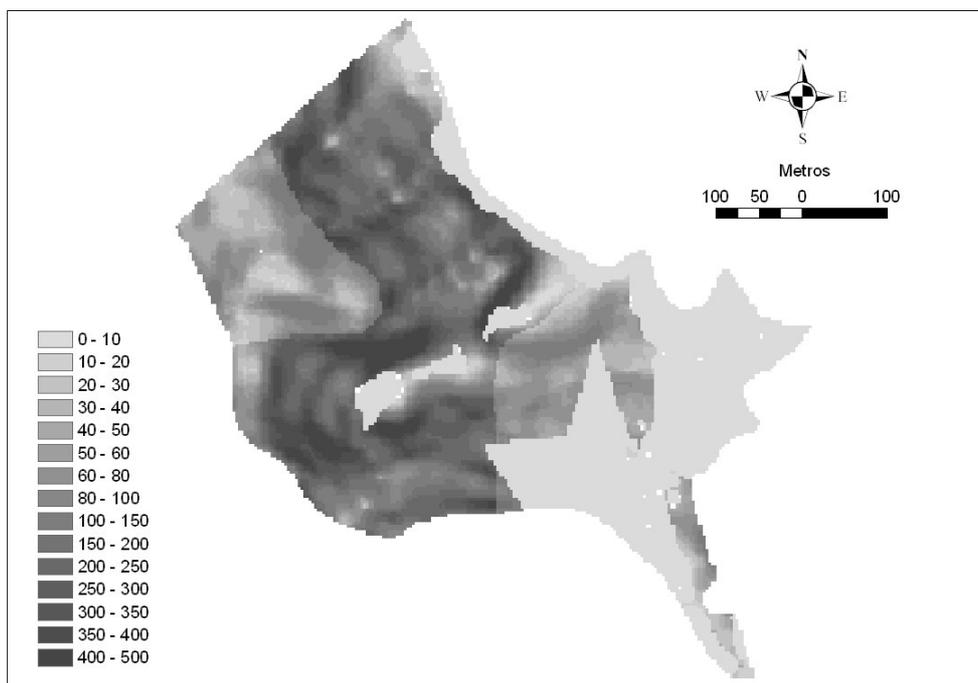


Figura 20 – Mapa de perda de solo do Sítio Três Lagos. Valores em ton/ha.ano.

Pela Figura 14, que mostra a perda de solo para o Sítio Duas Cachoeiras, percebe-se claramente que as áreas que mais perdem solo estão ocupadas pelo pasto, cultura anual e pasto sujo. Nas áreas de cultura anual, o manejo conservacionista está sendo utilizado, porém, cabe ressaltar que nessa propriedade há platôs (terraços) para contenção da erosão que medem menos de 3m de largura. Dessa forma, pelas curvas de nível que foram confeccionadas em 1979 pelo Instituto Geográfico e Cartográfico, variando de 5 em 5 metros, não são perceptíveis esses platôs, interferindo no cálculo do fator topográfico da equação universal de perda de solo, levando-o a resultados maiores que o real. Essa mesma observação cabe nas áreas de pasto sujo.

A área de pasto está perdendo muito solo, e, portanto, devem ser realizadas algumas práticas conservacionistas, como terraços, faixas de vegetação e, até mesmo, a mudança de local do pasto, já que na área onde se encontra é muito declivosa.

Ainda na Figura 14, é fortemente perceptível que as áreas onde se perde mais solo (desconsiderando a área de pasto) estão localizadas do eixo central para a direita. Isso é explicado pelo fato de que essa área foi adicionada ao Sítio Duas Cachoeiras somente em 1998. Iniciaram-se trabalhos de agrofloresta, mas as plantas foram queimadas em um incêndio iniciado na propriedade vizinha e que se alastrou por toda a micro-bacia. Ainda não houve tempo hábil para o replantio e recuperação dessas áreas.

Através da Figura 17, tem-se que o Sítio Santa Helena perde muito solo nas áreas de pimentão, café, solo nu e pasto. As áreas de café, principal atividade do sítio, são cultivadas de maneira convencional, através de limpeza completa do solo, deixando-o à mercê da energia cinética provinda das chuvas. As plantas seguem as curvas de nível, mas há muitos “caminhos” para passagem de trator para escoamento da produção e, o solo descoberto favorece a erosão. As mesmas observações podem ser feitas para as áreas de pimentão, que protegem menos o solo porque sua estrutura vegetal não é tão grande quanto à do café. O pasto está numa área altamente declivosa, mas como no sítio não há gado (somente algumas cabeças de gado da propriedade vizinha), o pasto fica com uma altura mediana (aproximadamente 0,5m), ajudando a combater a erosão.

Para diminuir a perda de solo, o Sítio Santa Helena deverá deixar uma cobertura morta, capim ralo ou mesmo plantar guandu entre as plantas de café, assim como fazer alguns terraços. Na área de pimentão deve-se utilizar um manejo agroecológico (rotação de

culturas e faixas de culturas diferentes). A área de pasto deve ser utilizada como reserva permanente, devido à sua elevada declividade.

Pela Figura 20, percebe-se que o Sítio Três Lagos está utilizando o solo de maneira errada. Em sua maior área encontra-se pasto, mas esse sítio está numa área altamente declivosa que exige cuidados extremos. O sítio deve construir terraços em algumas áreas, e em outras, próximas aos lagos e ao córrego, deve-se utilizar como reserva. Essa propriedade deveria adotar um zoneamento agroecológico, como utilizar cultura permanente nas áreas mais declivosas, utilizar técnicas conservacionistas do solo, como cobertura morta, rotação de culturas, terraços, etc. Se o manejo do solo dessa propriedade não for alterado, em poucos anos o solo irá tornar-se infértil, o que acarretará em prejuízos ambientais e econômicos.

6.2. ANÁLISE EMERGÉTICA DO SÍTIO DUAS CACHOEIRAS

Após várias entrevistas com o proprietário e visitas a campo, foi realizado o diagrama dos fluxos emergéticos do sítio (Figura 21).

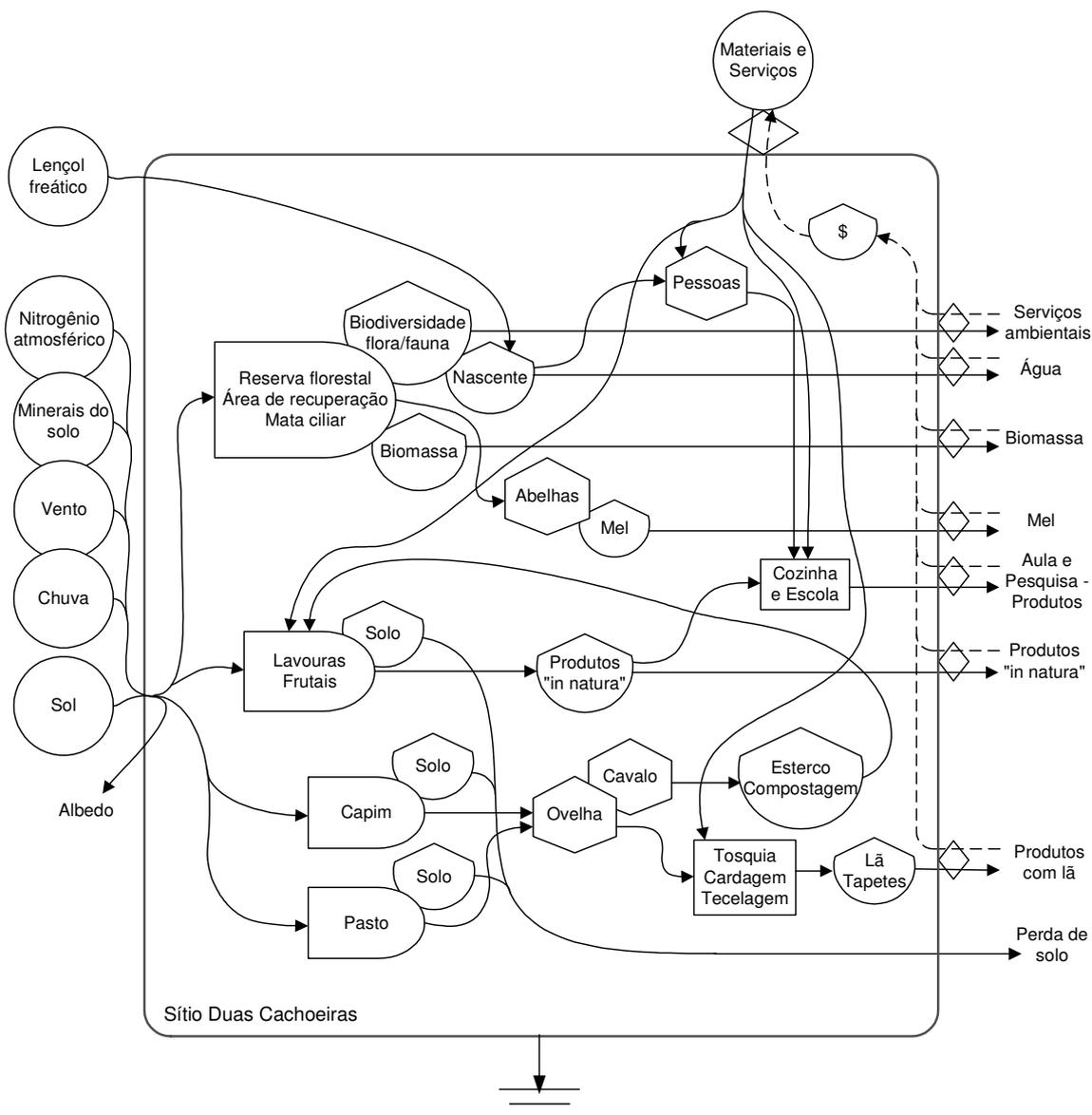


Figura 21 – Diagrama dos fluxos emergéticos do Sítio Duas Cachoeiras.

As fontes de nitrogênio atmosférico e mineral do solo foram consideradas como recursos renováveis devido ao manejo sustentável adotado pelo sítio, fazendo com que não seja necessária sua aquisição da economia. A adubação verde, a incorporação de esterco e compostagem ao solo assim como a matéria orgânica que sobra da colheita, fazem com que o sítio não necessite comprar fertilizantes. O uso desses minerais não excede o processo de produção geológico sendo, portanto, renovável.

A água utilizada pelo sítio provinda da nascente (lençol freático), foi considerada como recurso renovável, já a água da chuva que infiltrou no solo aumentando o volume do lençol freático foi contabilizada apenas como energia produzida, não possuindo valor monetário.

Os serviços ambientais também estão no diagrama para mostrar que são resultados da biodiversidade (flora/fauna), como no controle integrado de fungos e insetos, fixação de nutrientes, etc. Esse fluxo não foi contabilizado, pois não há estudos sobre sua valoração energética e econômica. Ele serve apenas para evidenciar a importância da biodiversidade em ecossistemas, e sua relação com sistemas antrópicos.

A biomassa foi contabilizada como produto. Ela possui um valor de energia produzida, relacionando a idade e área dos setores com mata, mas não possui um valor econômico, pois não há trabalhos de valoração da biomassa.

A perda de solo (erosão) foi considerada como recurso natural não-renovável, pois excede o processo de produção geológico (tolerância de perda de solo segundo Bertoni & Lombardi Neto, 1999). Para áreas de florestas naturais, a perda de solo é estimada em 2 ton/ha.ano, logo, em sistemas antrópicos, espera-se maior perda.

A fonte de materiais e serviços, engloba todos os recursos da economia que são utilizados no sistema.

Tabela 6 – Avaliação Emergética do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Nota | Contribuição | Valor Numérico ^A | Unid./ha.ano | Transformidade [sej/Unid.] | Fluxo de Emergia [sej/ha.ano] x10 ¹³ | % do total de Y |
|--|----------------------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------|---|-----------------|
| Recursos Naturais Renováveis (R): | | | | | | |
| 1 | sol | 1,52E+11 | J | 1 | 0,0152 | 0,00 |
| 2 | chuva | 6,25E+10 | J | 4,70E+04 | 294 | 21,43 |
| 3 | vento | 1,51E+10 | J | 2,45E+03 | 3,69 | 0,27 |
| 4 | lençol freático | 2,28E+09 | J | 1,76E+05 | 40,2 | 2,93 |
| 5 | água do córrego | 1,09E+08 | J | 1,76E+05 | 1,92 | 0,14 |
| 6 | nitrogênio | 4,89E+02 | kg | 7,73E+12 | 378 | 27,61 |
| 7 | fósforo | 7,69E+01 | kg | 2,99E+13 | 230 | 16,78 |
| 8 | potássio | 2,33E+02 | kg | 2,92E+12 | 67,9 | 4,96 |
| 9 | cálcio | 2,29E+01 | kg | 1,68E+12 | 3,85 | 0,28 |
| 10 | outros minerais | 4,89E+01 | kg | 1,71E+12 | 8,37 | 0,61 |
| 11 | painel fotovoltaico ^B | 6,64E+07 | J | 3,36E+05 | 2,23 | 0,16 |
| 12 | aquecedor de água ^C | 1,42E+08 | J | 3,36E+05 | 4,76 | 0,35 |
| Recursos Naturais Não Renováveis (N): | | | | | | |
| 13 | erosão do solo agrícola | 2,98E+10 | J | 7,40E+04 | 221 | 16,11 |
| Contribuição da Economia (M): | | | | | | |
| 14 | depreciação instalações | 1,23E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 40,6 | 2,96 |
| 15 | combustível | 5,29E+07 | J | 1,11E+05 | 0,587 | 0,04 |
| 16 | eletricidade | 3,88E+08 | J | 3,36E+05 | 13,0 | 0,95 |
| 17 | materiais manutenção | 1,29E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 4,26 | 0,31 |
| Contribuição da Economia (S): | | | | | | |
| 18 | mão-de-obra simples | 7,00E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 23,1 | 1,69 |
| 19 | mão-de-obra familiar | 7,00E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 23,1 | 1,69 |
| 20 | manutenção | 1,01E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 3,33 | 0,24 |
| 21 | impostos | 2,24E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,741 | 0,05 |
| 22 | serviços privados | 1,35E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,444 | 0,03 |
| 23 | telefone | 1,62E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 5,33 | 0,39 |
| Energia Total (Y): | | | | | 1370 | 100 |

^A Os cálculos do Valor Numérico e a fonte das Transformidades utilizadas podem ser visualizadas no Apêndice 1.

^B Utilização de energia solar renovável para produzir energia elétrica.

^C Utilização de energia solar renovável para aquecer água através de trocador de calor.

Tabela 7– Energia total produzida pelo Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Produto | Produção ^A [kg/ano] | Valor Calórico do Produto ^B [kcal/kg] | Energia do Produto ^D [J/ha.ano] |
|---------------------------------|-----------------------------------|---|---|
| Milho | 2400 | 3500 | 1,18E+09 |
| Girassol | 710 | 4750 | 4,75E+08 |
| Óleo Girassol | 213 | 9000 | 2,70E+08 |
| Torta Girassol | 497 | 2692 | 1,89E+08 |
| Feijão | 387 | 2620 | 1,43E+08 |
| Abóbora | 280 | 150 | 5,92E+06 |
| Mandioca | 2000 | 1330 | 3,75E+08 |
| Batata Doce | 500 | 1140 | 8,03E+07 |
| Arroz | 400 | 3620 | 2,04E+08 |
| Soja | 192 | 3630 | 9,82E+07 |
| Hortaliças | 3900 | 80 | 4,40E+07 |
| Frutas | 5000 | 500 | 3,52E+08 |
| Lã Fiada | 36 | 4500 | 2,28E+07 |
| Lã Tapete | 24 | 4500 | 1,52E+07 |
| Lã Tecido | 60 | 4500 | 3,81E+07 |
| Mel | 600 | 3125 | 2,64E+08 |
| Própolis | 10 | 5000 | 7,05E+06 |
| Cera | 20 | 8000 | 2,26E+07 |
| Água | - | - | 1,25E+10 ^E |
| Biomassa | - | - | 3,24E+10 ^F |
| Produto | Produção ^A [hora/ano] | Valor Calórico do Produto ^C [kcal/hora] | Energia do Produto [J/ha.ano] |
| Aulas | 4800 | 146 | 9,88E+07 |
| Pesquisa | 600 | 146 | 1,23E+07 |
| Energia total produzida: | | | 4,88E+10 |

^A Dado fornecido pelo proprietário.

^B O valor calórico dos produtos foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acessado em 20/05/2004.

^C Considerando 3.500kcal/dia.pessoa.

^D energia [J/ha.ano] = produção [kg/ano]*valor calórico [kcal/kg]*4186 [J/kcal] / área da propriedade [ha]

^E Infiltração de água no solo = 20% de toda a chuva anual (ver item 5.6). Pluviosidade da região de 1250mm/ano (3,72E+08 litros/ano em 29,7ha). Assim, devido ao manejo correto do solo agrícola, a água infiltrada é de 7,43E+07 litros/ano (7,43E+04 m³/ano).

Água=7,43E+04 m³/ano* (1/área ha)*(1000kg/m³)* (5000J/kg)= 1,25E+10 J/ha.ano.

^F Biomassa=6870 kJ/m².ano* (10⁴m²/ha)*(7,75ha/área ha)*(1000J/1kJ)= 3,24E+10 J/ha.ano

Média anual de produtividade líquida de uma floresta tropical (100 anos) = 36160 [kJ/m².ano]. Fonte: Ecologia: Aventura na Ciência. Editora Globo. pág.8. 1994. A zona de recuperação do sítio mede 7,75ha e tem 19 anos de idade.

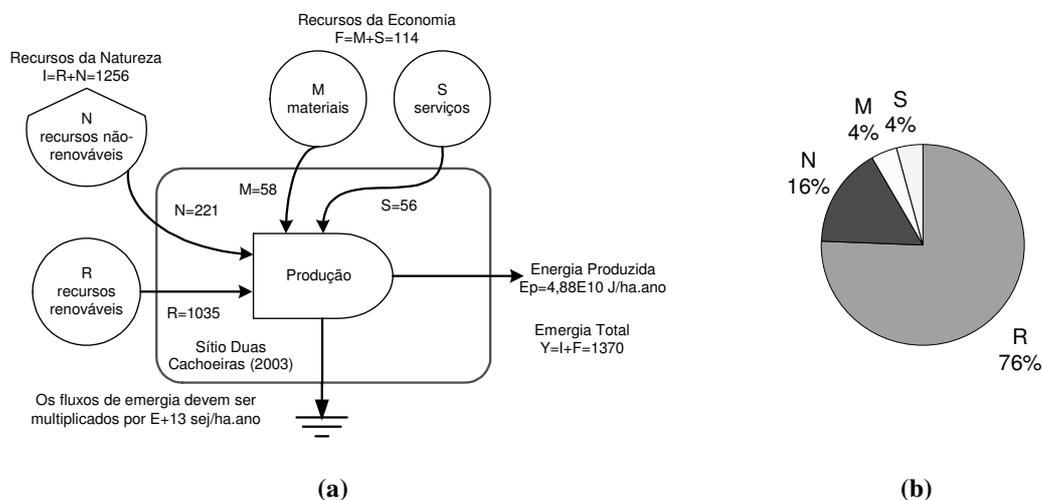


Figura 22 – Indicadores do Sítio Duas Cachoeiras em 2003: (a) Diagrama de fluxo de energia agregado do Sítio Duas Cachoeiras em 2003; (b) Porcentagem dos fluxos energéticos de entrada em relação a energia total.

Tabela 8 – Índices energéticos do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|--------------------------------|------------------------------|---------|--------------|
| Transformidade do Sítio | $Tr = Y/Ep$ | 280.863 | sej/J |
| Taxa de Rendimento | $EYR = Y/F$ | 11,96 | adimensional |
| Taxa de Investimento | $EIR = F/I$ | 0,09 | adimensional |
| Renovabilidade | $\%R = 100(R/Y)$ | 75,53 | % |
| Taxa de Intercâmbio Emergético | $EER = Y/receitas.emdólar^A$ | 5,52 | adimensional |

^A emdólar para o Brasil no ano de 2003 = 3,3E12 sej/US\$
receita = 66.999,87 R\$/ano (Apêndice 1)

Tabela 9 – Índices econômicos e sociais do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|---------------------------------|---|--------|--------------|
| Rentabilidade sem Externalidade | $(receita-custo)/(custo)^A$ | 1,93 | adimensional |
| Rentabilidade com Externalidade | $(receita-custo-exterior)/(custo+exterior)^B$ | 1,93 | adimensional |
| Trabalhadores/ha | | 0,17 | peessoas/ha |
| Pessoas Empregadas/ha | | 0,10 | peessoas/ha |
| Custo Emprego/ha.ano | | 210,10 | R\$/ha.ano |

^A custos = 22.845,36 R\$/ano (Apêndice 1)

^B o valor das externalidades (exterior) foi considerado 0 US\$/ha.ano, pois o Sítio Duas Cachoeiras utiliza o conceito de agroecologia.

A discussão das Tabelas 8 e 9 foi realizada conjuntamente com as outras propriedades (ver item 6.5.)

6.3. ANÁLISE EMERGÉTICA DO SÍTIO SANTA HELENA

Após várias entrevistas com o proprietário e visitas a campo, foi realizado o diagrama dos fluxos emergéticos do sítio (Figura 23).

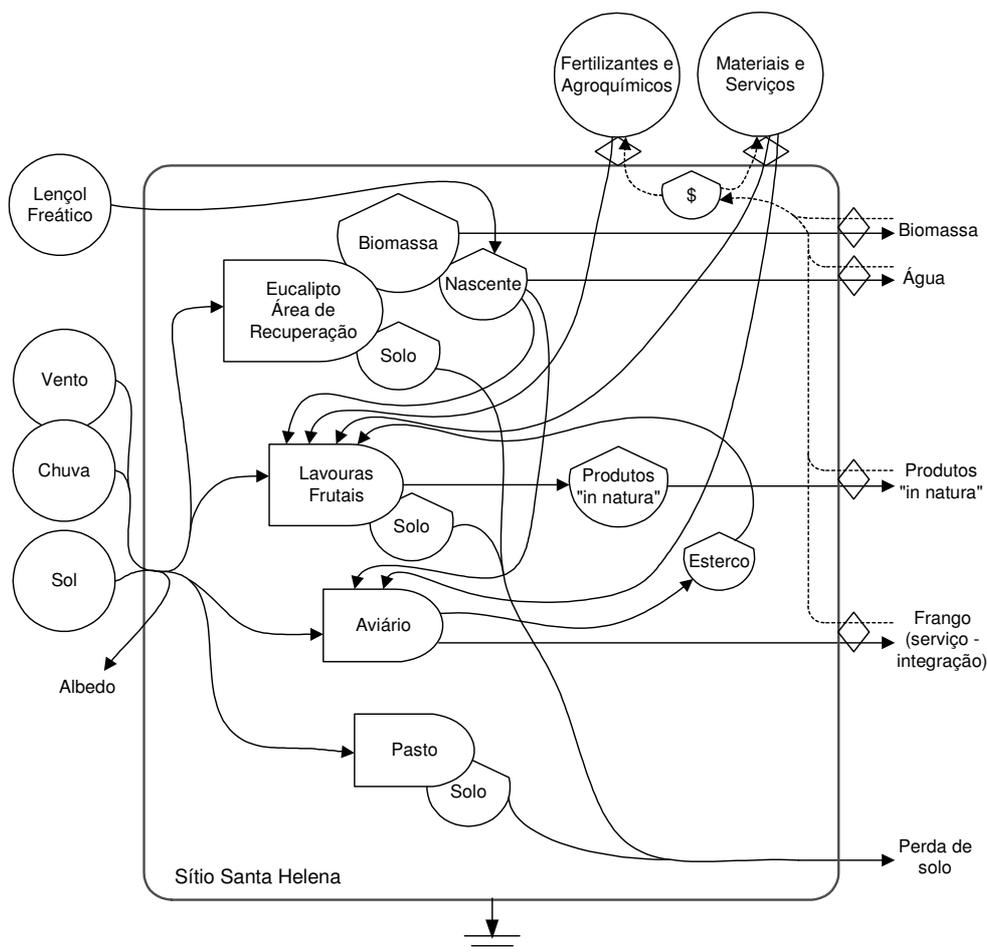


Figura 23 – Diagrama dos fluxos emergéticos do Sítio Santa Helena.

As fontes de nitrogênio atmosférico e mineral do solo não foram consideradas como recursos renováveis, pois o Sítio Santa Helena compra fertilizante e excede o processo de produção geológico devido ao manejo agrícola. As outras observações feitas para o Sítio Duas Cachoeiras cabem para essa propriedade também.

Tabela 10 – Avaliação Emergética do Sítio Santa Helena (2003).

| Nota | Contribuição | Valor Numérico ^A | Unid./ha.ano | Transformidade [sej/Unid.] | Fluxo de Emergia [sej/ha.ano] x10 ¹³ | % do total de Y |
|--|-------------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------|---|-----------------|
| Recursos Naturais Renováveis (R): | | | | | | |
| 1 | sol | 1,52E+11 | J | 1 | 0,0152 | 0,00 |
| 2 | chuva | 6,25E+10 | J | 4,70E+04 | 294 | 24,82 |
| 3 | vento | 1,51E+10 | J | 2,45E+03 | 3,69 | 0,31 |
| 4 | lençol freático | 1,25E+09 | J | 1,76E+05 | 21,9 | 1,85 |
| Recursos Naturais Não Renováveis (N): | | | | | | |
| 5 | erosão do solo agrícola | 5,33E+10 | J | 7,40E+04 | 395 | 33,36 |
| Contribuição da Economia (M): | | | | | | |
| 6 | depreciação instalações | 4,77E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 157 | 13,30 |
| 7 | combustível | 2,29E+08 | J | 1,11E+05 | 2,55 | 0,22 |
| 8 | eletricidade | 1,73E+09 | J | 3,36E+05 | 58,2 | 4,91 |
| 9 | materiais manutenção | 4,27E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 14,1 | 1,19 |
| 10 | fungicida | 3,33E+01 | kg | 1,48E+13 | 49,2 | 4,16 |
| 11 | herbicida | 4,98E-01 | kg | 1,31E+15 | 65,2 | 5,51 |
| 12 | cálcio | 2,40E-01 | kg | 2,08E+12 | 0,0500 | 0,00 |
| 13 | nitrato de cálcio | 1,58E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,522 | 0,04 |
| 14 | nitrato de potássio | 2,14E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,705 | 0,06 |
| Contribuição da Economia (S): | | | | | | |
| 15 | mão-de-obra familiar | 2,67E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 88,0 | 7,44 |
| 16 | impostos | 2,46E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,811 | 0,07 |
| 17 | serviços privados | 8,33E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 27,5 | 2,32 |
| 18 | telefone | 1,54E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 5,08 | 0,43 |
| Energia Total (Y): | | | | | 1183 | 100 |

^A Os cálculos do Valor Numérico e a fonte das Transformidades utilizadas podem ser visualizadas no Apêndice 2.

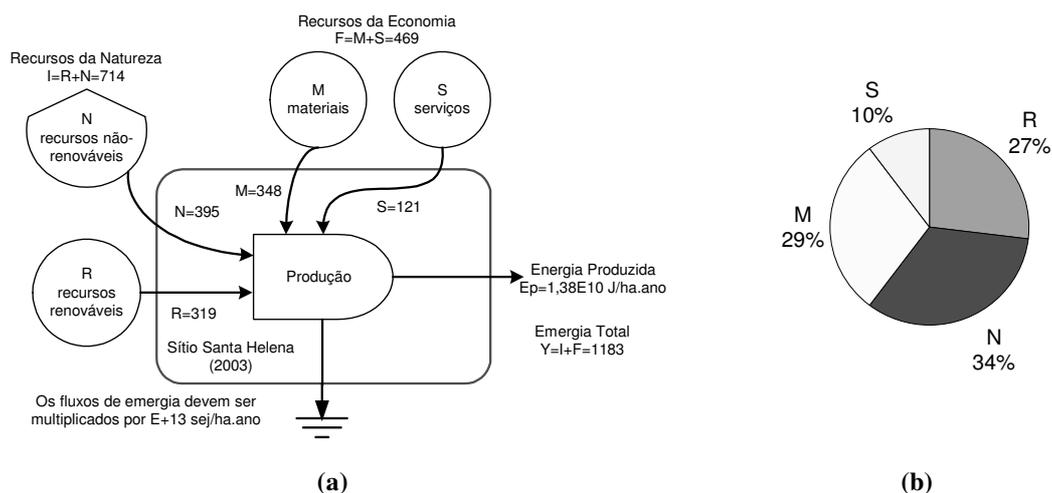


Figura 24 – Indicadores do Sítio Santa Helena em 2003: (a) Diagrama de fluxo de energia agregado do Sítio Santa Helena em 2003; (b) Porcentagem dos fluxos emergéticos de entrada em relação a energia total.

Tabela 11 – Energia total produzida pelo Sítio Santa Helena (2003).

| Produto | Produção ^A [kg/ano] | Valor Calórico do Produto ^B [kcal/kg] | Energia do Produto ^C [J/ha.ano] |
|---------------------------------|-----------------------------------|--|---|
| Café | 8000 | 1660 | 3,56E+09 |
| Chuchu | 66000 | 160 | 2,83E+09 |
| Tomate | 9000 | 150 | 3,62E+08 |
| Pêssego | 350 | 410 | 3,85E+07 |
| Pimentão | 2750 | 80 | 5,90E+07 |
| Pepino | 11000 | 60 | 1,77E+08 |
| Água | - | - | 6,25E+09 ^D |
| Biomassa | - | - | 5,57E+08 ^E |
| Energia total produzida: | | | 1,38E+10 |

^A Dado fornecido pelo proprietário.

^B O valor calórico dos produtos foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acessado em 20/05/2004.

^C energia [J/ha.ano] = produção [kg/ano]*valor calórico [kcal/kg]*4186 [J/kcal] / área da propriedade [ha]

^D Infiltração de água no solo = 10% de toda a chuva anual, pois não maneja corretamente o solo (ver item 5.6). Pluviosidade da região de 1250mm/ano (1,95E+08 litros/ano em 15,6ha). Assim, a água infiltrada é de 1,95E+07 litros/ano (1,95E+04 m³/ano).

Água = 9,5E+04 m³/ano* (1/área ha)*(1000kg/m³)* (5000J/kg) = 6,25E+09 J/ha.ano.

^E Biomassa = 1447 kJ/m².ano* (10⁴m²/ha)*(0,6 ha/área ha)*(1000J/1kJ) = 5,57E+08 J/ha.ano

Média anual de produtividade líquida de uma floresta tropical (100 anos) = 36160 [kJ/m².ano]. Fonte: Ecologia: Aventura na Ciência. Editora Globo. pág.8. 1994. A zona de recuperação do sítio mede 0,6 ha e tem 4 anos de idade.

Tabela 12 – Índices emergéticos do Sítio Santa Helena (2003).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|--------------------------------|---------------------------------------|---------|--------------|
| Transformidade do Sítio | Tr = Y/Ep | 855,094 | sej/J |
| Taxa de Rendimento | EYR = Y/F | 2,52 | adimensional |
| Taxa de Investimento | EIR = F/I | 0,66 | adimensional |
| Renovabilidade | %R = 100(R/Y) | 26,99 | % |
| Taxa de Intercâmbio Emergético | EER = Y/receitas.emdólar ^A | 2,33 | adimensional |

^A emdólar para o Brasil no ano de 2003 = 3,3E12 sej/US\$
receita = 71.890,00 R\$/ano (Apêndice 2)

Tabela 13 – Índices econômicos e sociais do Sítio Santa Helena (2003).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|---------------------------------|--|-------|--------------|
| Rentabilidade sem Externalidade | (receita-custo)/(custo) ^A | 1,11 | adimensional |
| Rentabilidade com Externalidade | (receita-custo-exter)/(custo+exter) ^B | 0,41 | adimensional |
| Trabalhadores/ha | | 0,26 | peessoas/ha |
| Pessoas Empregadas/ha | | 0,00 | peessoas/ha |
| Custo Emprego/ha.ano | | 0,00 | R\$/ha.ano |

^A custos = 34.093,30 R\$/ano (Apêndice 2)

^B o valor das externalidades (exter) foi considerado 360 US\$/ha.ano, extraído de Pretty et al. (2000 e 2001).

A discussão das Tabelas 12 e 13 foi realizada conjuntamente com as outras propriedades (ver item 6.5.).

6.4. ANÁLISE EMERGÉTICA DO SÍTIO TRÊS LAGOS

Após várias entrevistas com o proprietário e visitas a campo, foi realizado o diagrama dos fluxos emergéticos do sítio (Figura 25).

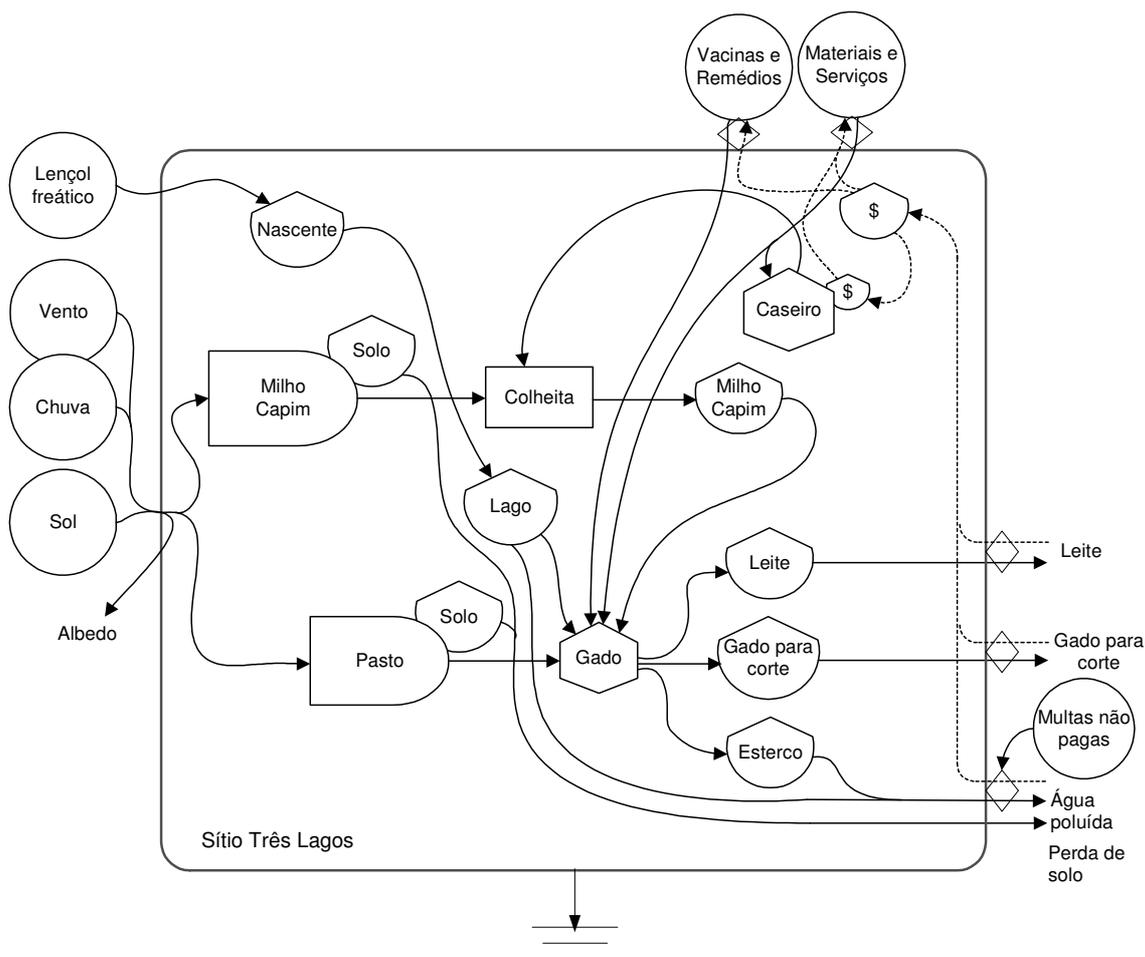


Figura 25 – Diagrama dos fluxos emergéticos do Sítio Três Lagos.

As observações feitas para o Sítio Santa Helena, são as mesmas para o Sítio Três Lagos. Sendo assim, foi elaborada a Tabela de Avaliação Emergética (Tabela 14) para a obtenção dos indicadores.

Tabela 14 – Avaliação Emergética do Sítio Três Lagos (2003).

| Nota | Contribuição | Valor Numérico ^A | Unid./ha .ano | Transformidade [sej/Unid.] | Fluxo de Energia [sej/ha.ano] x10 ¹³ | % do total de Y |
|--|-------------------------|-----------------------------|---------------|----------------------------|---|-----------------|
| Recursos Naturais Renováveis (R): | | | | | | |
| 1 | sol | 1,52E+11 | J | 1 | 0,0152 | 0,00 |
| 2 | chuva | 6,25E+10 | J | 4,70E+04 | 294 | 23,13 |
| 3 | vento | 1,51E+10 | J | 2,45E+03 | 3,69 | 0,29 |
| 4 | lençol freático | 1,00E+09 | J | 1,76E+05 | 17,6 | 1,39 |
| Recursos Naturais Não Renováveis (N): | | | | | | |
| 5 | erosão do solo agrícola | 1,07E+11 | J | 7,40E+04 | 792 | 62,39 |
| Contribuição da Economia (M): | | | | | | |
| 6 | depreciação | 1,04E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 34,3 | 2,70 |
| 7 | combustível | 1,35E+08 | J | 1,11E+05 | 1,49 | 0,12 |
| 8 | eletricidade | 1,80E+09 | J | 3,36E+05 | 60,5 | 4,76 |
| 9 | materiais manutenção | 3,97E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 13,1 | 1,03 |
| 10 | vacinas e remédios | 1,59E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 5,24 | 0,41 |
| Contribuição da Economia (S): | | | | | | |
| 11 | mão-de-obra simples | 1,24E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 40,9 | 3,22 |
| 12 | impostos | 1,32E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,437 | 0,03 |
| 13 | serviços privados | 6,61E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 2,18 | 0,17 |
| 14 | telefone | 1,32E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 4,37 | 0,34 |
| Energia Total (Y): | | | | | 1270 | 100 |

^A Os cálculos do Valor Numérico e a fonte das Transformidades utilizadas podem ser visualizadas no Apêndice 3.

Tabela 15– Energia total produzida pelo Sítio Três Lagos (2003).

| Produto | Produção ^A [kg/ano] | Valor Calórico do Produto ^B [kcal/kg] | Energia do Produto ^C [J/ha.ano] |
|---------------------------------|------------------------------------|--|--|
| Milho | 4000 | 3500 | 2,33E+09 |
| Horta | 200 | 80 | 2,66E+06 |
| Água | - | - | 3,12E+09 ^D |
| Produto | Produção ^A [cabeça/ano] | Valor Calórico do Produto [kcal/cabeça] | Energia do Produto [J/ha.ano] |
| Bovinos | 40 | 5000 | 3,32E+07 |
| Energia total produzida: | | | 5,48E+09 |

^A Dado fornecido pelo proprietário.

^B O valor calórico dos produtos foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acessado em 20/05/2004.

^C energia [J/ha.ano] = produção [kg/ano]*valor calórico [kcal/kg]*4186 [J/kcal] / área da propriedade [ha]

^D Infiltração de água no solo = 5% de toda a chuva anual, pois não maneja corretamente o solo (ver item 5.6). Pluviosidade da região de 1.250 mm/ano (3,15E+08 litros/ano em 25,2 ha). Assim, a água infiltrada é de 1,57+E07 litros/ano (1,57E+04 m³/ano).

Água=1,57E+04m³/ano* (1/área ha)*(1000kg/m³)*(5000J/kg)= 3,12E+09 J/ha.ano.

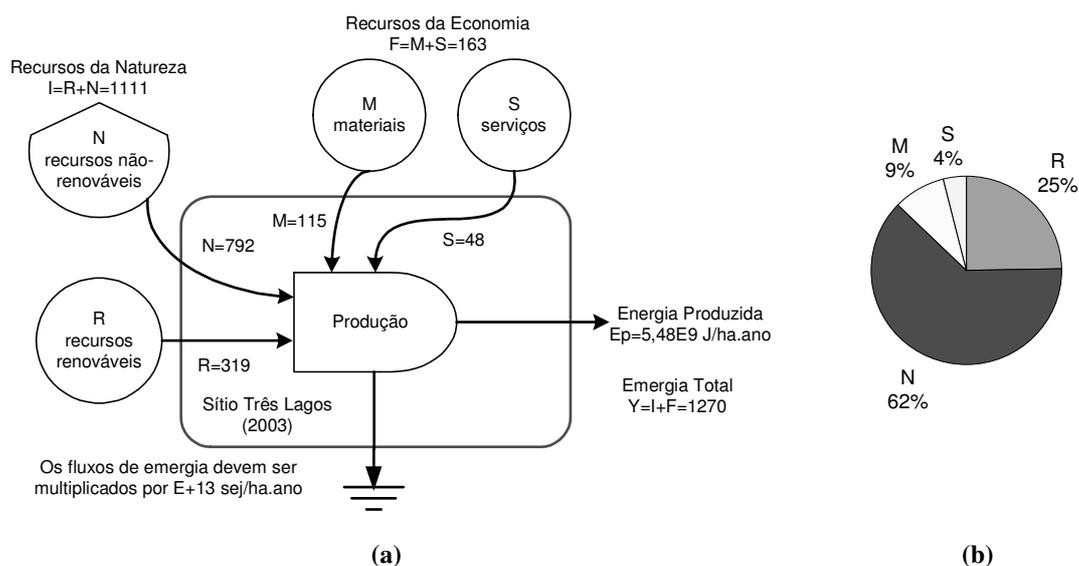


Figura 26 – Indicadores do Sítio Três Lagos em 2003: (a) Diagrama de fluxo de energia agregado do Sítio Três Lagos em 2003; (b) Porcentagem dos fluxos emergéticos de entrada em relação a energia total.

Tabela 16 – Índices emergéticos do Sítio Três Lagos (2003).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|--------------------------------|------------------------------|---------|--------------|
| Transformidade do Sítio | $Tr = Y/Ep$ | 2318495 | sej/J |
| Taxa de Rendimento | $EYR = Y/F$ | 7,82 | adimensional |
| Taxa de Investimento | $EIR = F/I$ | 0,15 | adimensional |
| Renovabilidade | $\%R = 100(R/Y)$ | 24,82 | % |
| Taxa de Intercâmbio Emergético | $EER = Y/receitas.emdólar^A$ | 9,91 | adimensional |

^A emdólar para o Brasil no ano de 2003 = 3,3E12 sej/US\$
receita = 29.340,00 R\$/ano (Apêndice 3)

Tabela 17 – Índices econômicos e sociais do Sítio Três Lagos (2003).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|---------------------------------|---------------------------------------|--------|--------------|
| Rentabilidade sem Externalidade | $(receita-custo)/(custo)^A$ | 0,03 | adimensional |
| Rentabilidade com Externalidade | $(receita-custo-exte)/(custo+exte)^B$ | -0,47 | adimensional |
| Trabalhadores/ha | | 0,12 | peessoas/ha |
| Pessoas Empregadas/ha | | 0,12 | peessoas/ha |
| Custo Emprego/ha.ano | | 371,43 | R\$/ha.ano |

^A custos = 28.450,01 R\$/ano (Apêndice 3)

^B o valor das externalidades (exte) foi considerado 360 US\$/ha.ano, extraído de Pretty et al. (2000 e 2001).

A discussão das Tabelas 16 e 17 foi realizada conjuntamente com as outras propriedades (ver item 6.5.)

6.5. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS TRÊS PROPRIEDADES

A Tabela 18 mostra os resultados da análise emergética para as três propriedades analisadas. A Tabela 19 mostra o resultado da rentabilidade econômica obtida, com e sem externalidade negativa contabilizada. A Tabela 20 mostra os índices sociais avaliados.

Tabela 18 – Índices emergéticos das três propriedades estudadas.

| Índice | Unidade | Sítio Duas Cachoeiras (SDC) | Sítio Santa Helena (SSH) | Sítio Três Lagos (STL) |
|--------|--------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------|
| Tr | sej/J | 280863 | 855094 | 2318495 |
| EYR | adimensional | 11,96 | 2,52 | 7,82 |
| EIR | adimensional | 0,09 | 0,66 | 0,15 |
| %R | % | 75,53 | 26,99 | 24,82 |
| EER | adimensional | 5,52 | 2,33 | 9,91 |

Tabela 19 – Rentabilidade com e sem externalidade negativa das três propriedades estudadas.

| Índice | Unidade | Sítio Duas Cachoeiras (SDC) | Sítio Santa Helena (SSH) | Sítio Três Lagos (STL) |
|---------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------|
| Rentabilidade | adimensional | 1,93 | 1,11 | 0,03 |
| Rentabilidade Real ^A | adimensional | 1,93 | 0,41 | -0,47 |

^A Nesse cálculo foi considerado o valor das externalidades negativas que é produto de sistemas convencionais de produção. O valor considerado foi de 360 US\$/ha.ano para propriedades que utilizam o modelo convencional de produção, segundo estudos de Pretty et al. (2000 e 2001).

Tabela 20 – Índices sociais das três propriedades estudadas.

| Índice | Unidade | Sítio Duas Cachoeiras (SDC) | Sítio Santa Helena (SSH) | Sítio Três Lagos (STL) |
|---------------------------|------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------|
| Trabalhadores/ha | peçoas/ha | 0,17 | 0,26 | 0,12 |
| Pessoas Empregadas/ha | peçoas/ha | 0,10 | 0,00 | 0,12 |
| Custo do Empregado/ha.ano | R\$/ha.ano | 210,10 | 0,00 | 371,43 |

Indicadores Ambientais (Emergéticos)

Quanto maior o número de transformações de energia que contribuem para a formação de um produto ou processo, maior será sua transformidade. Em cada transformação, a energia disponível é usada para produzir uma quantidade menor de energia de um outro tipo com o aumento da energia por unidade produzida. A transformidade é definida como o inverso da eficiência, portanto, quanto menor for seu valor maior eficiência terá o sistema analisado. Através da Tabela 18, tem-se que o SDC obteve o valor de 280.863 sej/J, o mais baixo das três propriedades analisadas. O SSH obteve uma transformidade de aproximadamente 3 vezes maior do que o SDC, e o STL

obteve um valor 8,2 vezes maior. Isso indica que o SDC possui eficiência ecossistêmica muito maior comparado aos outros sítios, indicando que a energia produzida ($4,88E+10$ J/ha.ano–Figura 22) é eficientemente obtida através da transformação da energia total utilizada ($1,37E+16$ sej/ha.ano–Figura 22). Isso aponta que sistemas agroecológicos (SDC) possuem maior eficiência na transformação de energia comparada aos sistemas convencionais analisados.

Segundo Ortega (2004), valores da taxa de rendimento (EYR) para produtos agrícolas variam de 1 a 4. O menor valor corresponde à unidade, que acontece quando a contribuição da natureza é nula. Esse índice mede a contribuição do ambiente (geralmente gratuita) para a produção. O SDC obteve o valor de 11,96 para este índice, sendo 4,7 vezes maior comparado ao SSH (2,52) e 1,5 vezes maior comparado ao STL (7,82). Isso significa que para o SDC a contribuição da natureza é grande em comparação com recursos vindos da economia. O STL também possui boa performance, porém, cabe ressaltar que 87% são contribuições da natureza (Figura 26), porém 62% de recursos não renováveis (perda de solo), enquanto para o SDC essa porcentagem é de apenas 16% (Figura 22). A performance do SSH está dentro dos padrões de sistemas convencionais, que são próximos à unidade, indicando grande dependência de recursos da economia. Esse índice é muito importante, pois, as atuais tendências indicam que o uso de menos energia provinda de recurso não renovável (petróleo), será vantajoso no futuro.

A taxa de investimento ($EIR=F/I$) mostra a dependência do sistema produtivo aos recursos da economia e da natureza. Pela Tabela 18, o EIR obtido pelo SDC foi de 0,09, enquanto para o SSH foi de 0,66 e para o STL foi de 0,15. Novamente o sistema agroecológico mostrou melhor desempenho, pois para cada 0,09 unidades de recurso da economia utilizada pelo SDC, é utilizada 1 unidade de recurso da natureza.

O índice de renovabilidade mede quanta energia renovável em relação a energia total é utilizada nos sistemas. De acordo com a Tabela 18, a renovabilidade ($\%R=100(R/Y)$) do SDC foi de 75% evidenciando a elevada sustentabilidade de sistemas agroecológicos. O SSH obteve o valor de 27% e o STL 25% apenas. Como já mencionado anteriormente, a carência de combustíveis fósseis será um grande problema a ser enfrentado nas próximas décadas, pois esse recurso não renovável é a base da maioria dos sistemas de produção atuais. Dessa forma, sistemas com baixo percentual do índice de renovabilidade acarretarão

em sérios problemas futuros. A diversificação na produção dos sistemas agroecológicos, a reciclagem interna de nutrientes, a cobertura vegetal favorecendo a produção de água, conservação do solo e controle de pragas, leva a uma diminuição de recursos vindos da economia, contribuindo fortemente para o aumento da renovabilidade do sistema. As recomendações para a adoção de mais sistemas de agricultura sustentáveis, sugeridas pela Agenda 21, a níveis globais e nacionais, poderiam servir de guia para serem feitos ajustes progressivos nas propriedades que produzem convencionalmente, reduzindo os impactos ambientais e sociais. Segundo Ortega (2004), no caso da soja, se o governo pudesse apoiar as opções mais sustentáveis, a balança comercial do país poderia ser melhorada em US\$ 2 bilhões por ano.

A taxa de intercâmbio ($EER=Y/receitas*emdólar$) avalia se na venda dos produtos, o sistema está recebendo toda a energia empregada na produção. Através da Tabela 18, tem-se que todas as propriedades dão mais energia ao consumidor do que necessitam para produzir, pois esse índice foi maior que 1 para todos. Para o SDC o valor obtido (5,52) indica que mesmo produzindo organicamente e agregando valor aos seus produtos, o sítio não consegue receber toda a energia gasta na produção. O mesmo acontece para as outras propriedades, onde o SSH obteve o valor de 2,33 e o STL o valor de 9,91. Para as três propriedades melhorarem seu desempenho nesse índice, eles deveriam utilizar a energia de maneira mais eficiente (diminuir a perda de solo e recursos da economia) e agregar valor aos seus produtos.

Através da Figura 27, tem-se que as maiores contribuições de recursos renováveis, em relação a energia total, que entram no SDC são a chuva (21%), o nitrogênio (27%), o fósforo (17%) e o potássio (5%). Como a chuva não depende do modelo de produção adotado, o SDC poderia aumentar sua sustentabilidade através de maior produção agrícola, mas sempre utilizando os conceitos agroecológicos para que os nutrientes extraídos sejam considerados renováveis, ou seja, a taxa de extração não ultrapasse a taxa natural de reposição. Outro fator a ser considerado é a perda de solo (16% da energia total), que afeta grandemente a queda da sustentabilidade. É importante salientar que até 1998, a área do SDC era de apenas 16,14 ha e, somente depois desse ano, foi adquirida a outra parte da propriedade. Assim, não houve muito tempo (apenas 5 anos) para a implantação de conceitos agroecológicos em toda a área adquirida (13,56 ha), reduzindo a performance do

sítio nos índices. Os recursos da economia que mais influem são a depreciação das instalações e equipamentos (3%), a mão-de-obra simples (1,7%) e mão-de-obra familiar (1,7%).

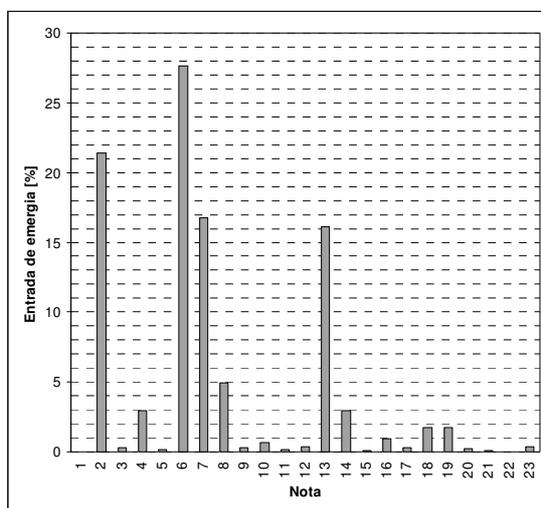


Figura 27 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada no Sítio Duas Cachoeiras em 2003. Cada Nota corresponde a uma contribuição ao sistema que pode ser visualizada na Tabela 6.

Para o SSH, a Figura 28 mostra que as maiores contribuições para a energia total do sistema provém da chuva (25%), da erosão do solo (33%), da depreciação das instalações (13%) e da mão-de-obra familiar (7%). Fica evidente a necessidade da diminuição da perda de solo e a diminuição da aquisição de construções e equipamentos. O SSH precisa aumentar os recursos renováveis através de um manejo mais sustentável do solo para diminuir a erosão e diminuir ou até anular a utilização de fertilizantes e agroquímicos. Isso aumentará a rentabilidade do sistema, pois poderá agregar valor através de certificação de seus produtos, diminuindo gastos com recursos da economia e diminuindo os recursos não renováveis (perda de solo).

As maiores contribuições para o STL (Figura 29) provém da chuva (23%) e da perda de solo (62%). Novamente tem-se que a perda de solo em sistemas convencionais influi fortemente na redução de sua sustentabilidade. O STL deveria aumentar a utilização de recursos renováveis, diversificando sua produção, utilizando práticas conservacionistas de uso do solo e realizando reciclagem interna de nutrientes.

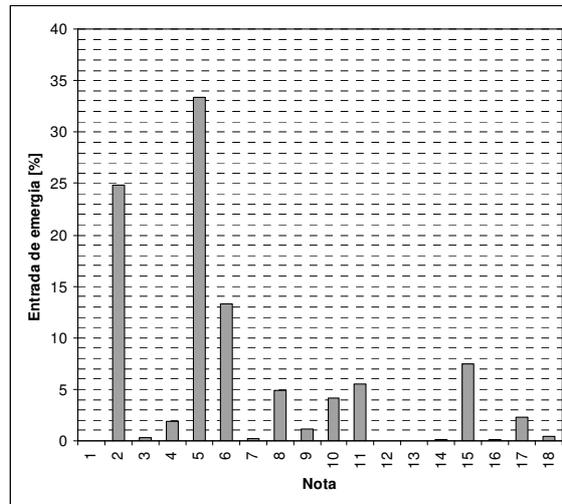


Figura 28 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada no Sítio Santa Helena em 2003. Cada Nota corresponde a uma contribuição ao sistema que pode ser visualizada na Tabela 10.

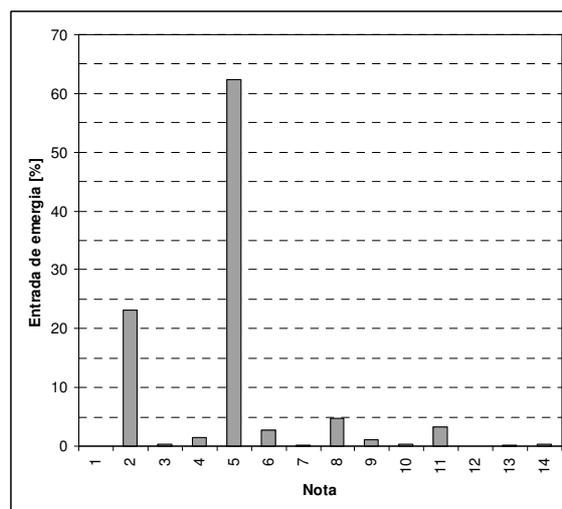


Figura 29 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada no Sítio Três Lagos em 2003. Cada Nota corresponde a uma contribuição ao sistema que pode ser visualizada na Tabela 14.

É importante dizer que a mão-de-obra (familiar ou simples), mostrou ser um importante fator na contabilidade energética para as três propriedades, não apresentando diferenças muito significativas entre o modelo de produção adotado. Isso se deve ao fato de serem propriedades rurais familiares.

Indicador Econômico

O fator econômico possui muita importância na tomada de decisão sobre o gerenciamento de qualquer unidade de produção. Através da Tabela 19, tem-se que a rentabilidade para o SDC (1,93) é maior comparada às outras propriedades, pois o SSH obteve 1,11 e o STL obteve 0,03. Isso somente é possível porque o SDC utiliza 92% de recursos da natureza de forma sustentável (76% de renováveis e 16% de não renováveis - Figura 22), sem desequilíbrios e sem produzir prejuízos ambientais (externalidades negativas). Além disso, o SDC trabalha com ensino e pesquisa, fazendo com que a entrada de dinheiro seja maior.

Acrescentando ao cálculo da rentabilidade econômica o custo das externalidades negativas, a diferença entre as propriedades aumenta. O SDC, por utilizar conceitos agroecológicos, não produz nenhuma externalidade negativa, já os sistemas convencionais, que utilizam agroquímicos contaminando o solo e a água, produzem pouca água pela destruição da cobertura vegetal e perdem biodiversidade, devem pagar por esses danos ambientais, que segundo estudos realizados por Pretty et al. (2000 e 2001), chegam a 360,00 US\$/ha.ano. Contabilizando esse custo, a rentabilidade do SDC (1,93) é 4,7 vezes maior comparado ao SSH (0,41) e a rentabilidade do STL piora mais ainda, chegando a ter prejuízo na produção (-0,47).

Indicadores Sociais

Alguns dados sociais podem ser visualizados na Tabela 20. O índice trabalhador por hectare mostrou melhor desempenho para o SSH (0,26), o SDC obteve 0,17 e o STL obteve 0,12. O SSH possui um total de 4 pessoas trabalhando na propriedade, mas todos são familiares. Esse fato mascara o valor desse índice, pois talvez não fosse necessária essa quantidade de pessoas trabalhando na propriedade, porém, como são familiares (pais, filhos e irmãos), todos ficam trabalhando na unidade. Para o SDC e para o STL, esse índice indica a real necessidade de trabalhadores por hectare, visto que estão incluídos trabalhadores contratados (não familiares). Como não houve diferença significativa entre essas duas propriedades, pode-se dizer que para propriedades familiares (pequenas áreas), não há

diferença entre sistemas agroecológicos e convencionais sobre o número de pessoas trabalhando por hectare.

O índice pessoas empregadas por hectare mostrou melhor desempenho para o STL (0,12), onde o SDC obteve 0,10 e o SSH obteve o valor de 0 (zero). Esse índice também é altamente influenciado pela mão-de-obra familiar, pois o SSH não possui mão-de-obra contratada e obteve o valor de zero, já o STL possui apenas mão-de-obra contratada e nenhuma familiar.

O custo do empregado por hectare mostrou maior valor para o STL (371,43 R\$/ha.ano), enquanto para o SDC o valor obtido foi de 210,10 R\$/ha.ano e para o SSH foi de 0 (zero). Novamente a mão-de-obra familiar influencia no maior ou menor valor do índice, pois o SSH não possui nenhum empregado contratado enquanto que o STL possui somente contratados.

Produtividade

Em relação à produtividade, os valores obtidos pelo Sítio Duas Cachoeiras foram menores comparados aos valores extraídos de bibliografia (IEA, 2004), que mostram a produtividade de modelos convencionais de produção (Tabela 21).

Os dados da Tabela 21 evidenciam que a produtividade do sistema agroecológico analisado é menor (51% - média aritmética simples) comparado ao sistema convencional. Esse fato é o grande argumento utilizado pelas empresas de biotecnologia para movimentar seu negócio, ressaltando a dúvida sobre a capacidade das tecnologias sustentáveis em alimentar a população mundial que aumenta a cada ano. Segundo Altieri (2002, pág. 548), esse argumento é “válido somente se analisado dentro da atual estrutura sócio-econômica, mas não é válido se reconhecermos que os agroecossistemas sustentáveis representam transformações profundas, com grandes implicações sociais e ambientais. Entende-se que a maior parte dos problemas atuais e futuros de má nutrição e de fome são causados, principalmente, pelos modelos de distribuição e baixo acesso aos alimentos causados pela pobreza, e não por limitações agronômicas ou pelo tipo de tecnologia usado na produção de alimentos”.

Tabela 21 – Comparação entre a produtividade do modelo agroecológico e do modelo convencional.

| Produtos | Sítio Duas Cachoeiras | Bibliografia ^A | Diferença [%] |
|-------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| | Produtividade [kg/ha.ano] | | |
| Milho | 3.000 | 5.000 | 40 |
| Girassol | 1.000 | 2.000 | 50 |
| Feijão | 900 | 2.000 | 55 |
| Abóbora | 3.500 | 15.000 | 77 |
| Mandioca | 10.000 | 25.000 | 60 |
| Batata Doce | 10.000 | 15.000 | 33 |
| Arroz | 2.500 | 4.000 | 37 |
| Soja | 2.400 | 6.000 | 60 |

^A Fonte: IEA (2004). Dados de produtividade anual para o estado de São Paulo.

A afirmação acima pode ser ilustrada com os dados obtidos pelo sistema agroecológico analisado neste estudo e de dados de literatura. A Tabela 22 contém a energia produzida por alguns produtos agrícolas do Brasil.

Tabela 22 – Dados de produção brasileira de alguns produtos agrícolas.

| Produto | Produção ^A [ton/ano] | Valor Calórico do produto ^B [kcal/kg] | Energia Produzida [kcal/ano] |
|---|---------------------------------|--|------------------------------|
| Arroz | 13.251.200 | 3.620 | 4,79693E+13 |
| Batata | 2.891.531 | 1.140 | 3,29635E+12 |
| Feijão | 2.998.258 | 2.620 | 7,85544E+12 |
| Mandioca | 24.038.887 | 1.330 | 3,19717E+13 |
| Milho | 41.863.755 | 3.500 | 1,46523E+14 |
| Soja | 49.205.384 | 3.630 | 1,78616E+14 |
| Trigo | 5.962.604 | 1.840 | 1,09712E+13 |
| Total: | | | 4,27203E+14 |
| Total (considerando sistema agroecológico - 51% de redução): | | | 2,09329E+14 |

^A IBGE (2004) – produção convencional.

^B Tabela brasileira de composição dos alimentos: <http://www.fcf.usp.br/tabela/>. Acessado em 17/12/2004.

A porcentagem de redução utilizada para os sistemas agroecológicos na Tabela 22 representa o valor obtido pelo sistema analisado nesse trabalho, porém, é importante ressaltar que o sítio está em fase de recuperação do solo de algumas áreas, o que afeta sua produtividade. Sistemas agroecológicos que já passaram por essa fase de recuperação do solo, obtêm produtividades maiores que o sistema analisado neste trabalho. Segundo a FAO (2004), a necessidade diária de energia para uma pessoa desenvolver suas atividades é de 2.500kcal. Assim, considerando a energia produzida pela produção agrícola convencional do Brasil, 468.167.367 pessoas podem ser alimentadas. Considerando que toda a produção brasileira fosse obtida através de sistemas agroecológicos, 229.402.010 pessoas poderiam ser alimentadas. Segundo o IBGE (2004), a população brasileira em 2004 é de

aproximadamente 180.000.000 pessoas. Assim, a produtividade do sistema agroecológico estudado (e que pode ser extrapolado para a maioria dos sistemas agroecológicos) é menor que os sistemas convencionais, porém são mais sustentáveis e não é e nem será o motivo da desnutrição das pessoas, evidenciando que, atualmente, o problema de desnutrição é político e não técnico. Mostra também que há um limite para o crescimento humano, pois boa parte da produção de alimento é transitória devido à utilização excessiva de recursos não renováveis.

6.6. ANÁLISE EMERGÉTICA MODIFICADA

Para essa análise, o diagrama ecossistêmico para cada propriedade é o mesmo já apresentado pelas Figuras 21, 23 e 25, porém, a tabela de avaliação emergética é alterada, incluindo uma coluna com as renovabilidades parciais de cada fluxo e outras duas colunas, uma contendo o fluxo de energia renovável e a outra o fluxo de energia não renovável.

Tabela 23 – Avaliação emergética do Sítio Duas Cachoeiras em 2003, considerando renovabilidades parciais.

| Nota | Contribuição | Fração ^A Renovável | Valor Numérico ^B | Unid./ ha.ano | Transfor- midade ^B [sej/Unid.] | Energia Renovável ^C | Energia Não- Renovável ^C | Energia Total ^C |
|--|-----------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------|---|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| Recursos Naturais Renováveis (R): | | | | | | | | |
| 1 | sol | 1 | 1,52E+11 | J | 1 | 0,0152 | 0,00 | 0,0152 |
| 2 | chuva | 1 | 6,25E+10 | J | 4,70E+04 | 294 | 0,00 | 294 |
| 3 | vento | 1 | 1,51E+10 | J | 2,45E+03 | 3,69 | 0,00 | 3,69 |
| 4 | lençol freátic. | 1 | 2,28E+09 | J | 1,76E+05 | 40,2 | 0,00 | 40,2 |
| 5 | água córrego | 1 | 1,09E+08 | J | 1,76E+05 | 1,92 | 0,00 | 1,92 |
| 6 | nitrogênio | 1 | 4,89E+02 | kg | 7,73E+12 | 378 | 0,00 | 378 |
| 7 | fósforo | 1 | 7,69E+01 | kg | 2,99E+13 | 230 | 0,00 | 230 |
| 8 | potássio | 1 | 2,33E+02 | kg | 2,92E+12 | 67,9 | 0,00 | 67,9 |
| 9 | cálcio | 1 | 2,29E+01 | kg | 1,68E+12 | 3,85 | 0,00 | 3,85 |
| 10 | outros miner. | 1 | 4,89E+01 | kg | 1,71E+12 | 8,37 | 0,00 | 8,37 |
| 11 | painel fotov. | 0,6 | 6,64E+07 | J | 3,36E+05 | 1,34 | 0,892 | 2,23 |
| 12 | aquecedor | 0,6 | 1,42E+08 | J | 3,36E+05 | 2,85 | 1,90 | 4,76 |
| Recursos Naturais Não-Renováveis (N): | | | | | | | | |
| 13 | erosão solo | 0 | 2,98E+10 | J | 7,40E+04 | 0,00 | 221 | 221 |
| Contribuição da Economia (M): | | | | | | | | |
| 14 | depreciação | 0,05 | 1,23E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 2,03 | 38,6 | 40,6 |
| 15 | combustível | 0 | 5,29E+07 | J | 1,11E+05 | 0,00 | 0,587 | 0,587 |
| 16 | eletricidade | 0,7 | 3,88E+08 | J | 3,36E+05 | 9,12 | 3,91 | 13,0 |
| 17 | materiais | 0,1 | 1,29E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 0,426 | 3,83 | 4,26 |
| Contribuição da Economia (S): | | | | | | | | |
| 18 | trab. contrat. | 0,6 | 7,00E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 13,9 | 9,24 | 23,1 |
| 19 | trab. família | 0,9 | 7,00E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 20,8 | 2,31 | 23,1 |
| 20 | manutenção | 0,1 | 1,01E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 0,333 | 3,00 | 3,33 |
| 21 | impostos | 0,05 | 2,24E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,0370 | 0,704 | 0,741 |
| 22 | serviços | 0,05 | 1,35E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,0222 | 0,422 | 0,444 |
| 23 | telefone | 0,05 | 1,62E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 0,267 | 5,07 | 5,33 |
| Energia Total (Y): | | | | | | | | 1370 |

^A Extraído de Ortega et al. (2002) e senso comum.

^B O valor numérico e as transformidades são iguais ao da Tabela 6.

^C Esses fluxos devem ser multiplicados por 10^{13} [sej/ha.ano].

Tabela 24 – Fluxos agregados do Sítio Duas Cachoeiras considerando renovabilidades parciais (2003).

| Renováveis | | | Não Renováveis | | |
|------------|-----------|------------|----------------|----------|------------|
| Rr = | 1,032E+16 | sej/ha.ano | Rn = | 2,79E+13 | sej/ha.ano |
| Nr = | 0,000E+00 | sej/ha.ano | Nn = | 2,21E+15 | sej/ha.ano |
| Mr = | 1,158E+14 | sej/ha.ano | Mn = | 4,69E+14 | sej/ha.ano |
| Sr = | 3,533E+14 | sej/ha.ano | Sn = | 2,07E+14 | sej/ha.ano |

Tabela 25 – Avaliação emergética do Sítio Santa Helena em 2003, considerando renovabilidades parciais.

| Nota | Contribuição | Fração ^A Renovável | Valor Numérico ^B | Unid./ ha.ano | Transforma- bilidade ^B [sej/Unid.] | Energia Renovável ^C | Energia Não- Renovável ^C | Energia Total ^C |
|--|------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------|---|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| Recursos Naturais Renováveis (R): | | | | | | | | |
| 1 | sol | 1 | 1,52E+11 | J | 1 | 0,0152 | 0,00 | 0,0152 |
| 2 | chuva | 1 | 6,25E+10 | J | 4,70E+04 | 294 | 0,00 | 294 |
| 3 | vento | 1 | 1,51E+10 | J | 2,45E+03 | 3,69 | 0,00 | 3,69 |
| 4 | lençol freático. | 1 | 1,25E+09 | J | 1,76E+05 | 21,9 | 0,00 | 21,9 |
| Recursos Naturais Não-Renováveis (N): | | | | | | | | |
| 5 | erosão solo | 0 | 5,33E+10 | J | 7,40E+04 | 0,00 | 395 | 395 |
| Contribuição da Economia (M): | | | | | | | | |
| 6 | depreciação | 0,05 | 4,77E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 7,87 | 150 | 157 |
| 7 | combustível | 0 | 2,29E+08 | J | 1,11E+05 | 0,00 | 2,55 | 2,55 |
| 8 | eletricidade | 0,7 | 1,73E+09 | J | 3,36E+05 | 40,7 | 17,4 | 58,2 |
| 9 | materiais | 0,1 | 4,27E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 1,41 | 12,7 | 14,1 |
| 10 | fungicida | 0,05 | 3,33E+01 | kg | 1,48E+13 | 2,46 | 46,8 | 49,2 |
| 11 | herbicida | 0,05 | 4,98E-01 | kg | 1,31E+15 | 3,26 | 61,9 | 65,2 |
| 12 | cálcio | 0,05 | 2,40E-01 | kg | 2,08E+12 | 0,00250 | 0,0475 | 0,0500 |
| 13 | nitr. de cálcio | 0,05 | 1,58E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,0261 | 0,496 | 0,522 |
| 14 | nitr. de potás. | 0,05 | 2,14E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,0353 | 0,670 | 0,705 |
| Contribuição da Economia (S): | | | | | | | | |
| 15 | trab. familiar | 0,9 | 2,67E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 79,2 | 8,80 | 88,0 |
| 16 | impostos | 0,05 | 2,46E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,0405 | 0,770 | 0,811 |
| 17 | serviços | 0,05 | 8,33E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 1,38 | 26,1 | 27,5 |
| 18 | telefone | 0,05 | 1,54E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 0,254 | 4,82 | 5,08 |
| Energia Total (Y): | | | | | | | | 1180 |

^A Extraído de Ortega et al. (2002) e senso comum.

^B O valor numérico e as transformidades são iguais ao da Tabela 10.

^C Esses fluxos devem ser multiplicados por 10^{13} [sej/ha.ano].

Tabela 26 – Fluxos agregados do Sítio Santa Helena considerando renovabilidades parciais (2003).

| Renováveis | | | Não Renováveis | | |
|------------|-----------|------------|----------------|----------|------------|
| Rr = | 3,194E+15 | sej/ha.ano | Rn = | 0,00 | sej/ha.ano |
| Nr = | 0,000 | sej/ha.ano | Nn = | 3,95E+15 | sej/ha.ano |
| Mr = | 5,578E+14 | sej/ha.ano | Mn = | 2,92E+15 | sej/ha.ano |
| Sr = | 8,087E+14 | sej/ha.ano | Sn = | 4,05E+14 | sej/ha.ano |

Tabela 27 – Avaliação emergética do Sítio Três Lagos em 2003, considerando renovabilidades parciais.

| Nota | Contribuição | Fração ^A Renovável | Valor Numérico ^B | Unid./ ha.ano | Transfor- midade ^B [sej/Unid.] | Energia Renovável ^C | Energia Não- Renovável ^C | Energia Total ^C |
|--|------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------|---|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| Recursos Naturais Renováveis (R): | | | | | | | | |
| 1 | sol | 1 | 1,52E+11 | J | 1 | 0,0152 | 0,00 | 0,0152 |
| 2 | chuva | 1 | 6,25E+10 | J | 4,70E+04 | 294 | 0,00 | 294 |
| 3 | vento | 1 | 1,51E+10 | J | 2,45E+03 | 3,69 | 0,00 | 3,69 |
| 4 | lençol freático. | 1 | 1,00E+09 | J | 1,76E+05 | 17,6 | 0,00 | 17,6 |
| Recursos Naturais Não-Renováveis (N): | | | | | | | | |
| 5 | erosão solo | 0 | 1,07E+11 | J | 7,40E+04 | 0,00 | 792 | 792 |
| Contribuição da Economia (M): | | | | | | | | |
| 6 | depreciação | 0,05 | 1,04E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 1,71 | 32,6 | 34,3 |
| 7 | combustível | 0 | 1,35E+08 | J | 1,11E+05 | 0,00 | 1,49 | 1,49 |
| 8 | eletricidade | 0,7 | 1,80E+09 | J | 3,36E+05 | 42,3 | 18,1 | 60,5 |
| 9 | materiais | 0,1 | 3,97E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 1,31 | 11,8 | 13,1 |
| 10 | vacinas | 0,05 | 1,59E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 0,262 | 4,98 | 5,24 |
| Contribuição da Economia (S): | | | | | | | | |
| 11 | trab. simples | 0,6 | 1,24E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 24,5 | 16,3 | 40,9 |
| 12 | impostos | 0,05 | 1,32E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,0218 | 0,415 | 0,437 |
| 13 | serviços | 0,05 | 6,61E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,109 | 2,07 | 2,18 |
| 14 | telefone | 0,05 | 1,32E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 0,218 | 4,15 | 4,37 |
| Energia Total (Y): | | | | | | | | 1270 |

^A Extraído de Ortega et al. (2002) e senso comum.

^B O valor numérico e as transformidades são iguais ao da Tabela 14.

^C Esses fluxos devem ser multiplicados por 10^{13} [sej/ha.ano].

Tabela 28 – Fluxos agregados do Sítio Três Lagos considerando renovabilidades parciais (2003).

| | Renováveis | | Não Renováveis | |
|------|------------|------------|----------------|---------------------|
| Rr = | 3,151E+15 | sej/ha.ano | Rn = | 0,00 sej/ha.ano |
| Nr = | 0,00 | sej/ha.ano | Nn = | 7,92E+15 sej/ha.ano |
| Mr = | 4,562E+14 | sej/ha.ano | Mn = | 6,90E+14 sej/ha.ano |
| Sr = | 2,486E+14 | sej/ha.ano | Sn = | 2,30E+14 sej/ha.ano |

Tabela 29 – Índices emergéticos das três propriedades estudadas considerando as renovabilidades parciais.

| Índice | Sítio Duas Cachoeiras | Sítio Santa Helena | Sítio Três Lagos | Unidade |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|--------------|
| Tr = Y/Ep | 280863 | 855095 | 721329 | sej/J |
| EYR = Y/(Mn+Sn) | 20,26 | 3,56 | 13,81 | adimensional |
| EIR = (Mn+Sn)/(R+Mr+Sr+N) | 0,05 | 0,39 | 0,08 | adimensional |
| %R = 100*(R+Mr+Sr)/Y | 78,75 | 38,53 | 30,37 | % |
| EER = Y/receitas.emdólar | 5,52 | 2,33 | 9,91 | adimensional |

Os índices Tr e EER, não alteraram, pois dependem apenas da energia total, já os índices EYR, EIR e %R obtidos considerando as renovabilidades parciais dos fluxos, tiveram melhor desempenho para as três propriedades comparado à análise energética tradicional. A renovabilidade, que aponta a sustentabilidade do sistema, aumentou de 75% a 78% para o Sítio Duas Cachoeiras, de 27% a 38% para o Sítio Santa Helena e de 25% a 30% para o Sítio Três Lagos.

Essa mudança na metodologia proposta por Ortega et al. (2002), é válida para pequenas propriedades rurais familiares, pois a maior modificação ocorre na fração renovável da mão-de-obra familiar (90% de renovabilidade) e contratada localmente (60% de renovabilidade). Essas propriedades possuem em sua maioria, mão-de-obra familiar ou pessoas contratadas na região onde se encontra a propriedade, possuindo renovabilidade parcial. Em sistemas convencionais de produção, onde a mão-de-obra é totalmente contratada, não há pessoas da família trabalhando ou mesmo pessoas da região onde se localiza o sistema, possuem pequena ou nenhuma renovabilidade parcial.

6.7. EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO DO SÍTIO DUAS CACHOEIRAS

Para estudar a evolução do uso do solo do Sítio Duas Cachoeiras, inicialmente foi elaborado o mapa de uso do solo para o ano de 2003. Em seguida, esse mapa foi apresentado ao proprietário do sítio onde, depois de aprová-lo, foram utilizadas anotações pessoais, fotos antigas (Apêndice 4) e informações da família para rascunhar o uso do solo para os anos de 1980 e 1990, que foram posteriormente digitalizados no software ArcGIS 9.0. Os mapas finais podem ser visualizados na Figuras 30, 31 e 32.

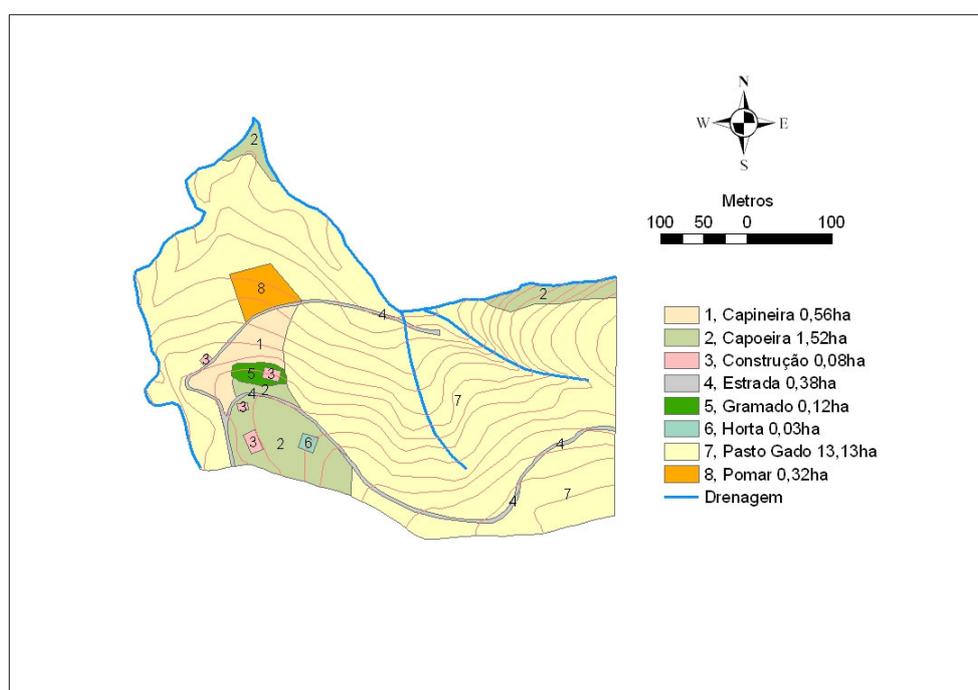


Figura 30 – Mapa de uso do solo do Sítio Duas Cachoeiras em 1980. Área total de 16,14ha. Curvas de nível de 5 em 5m.

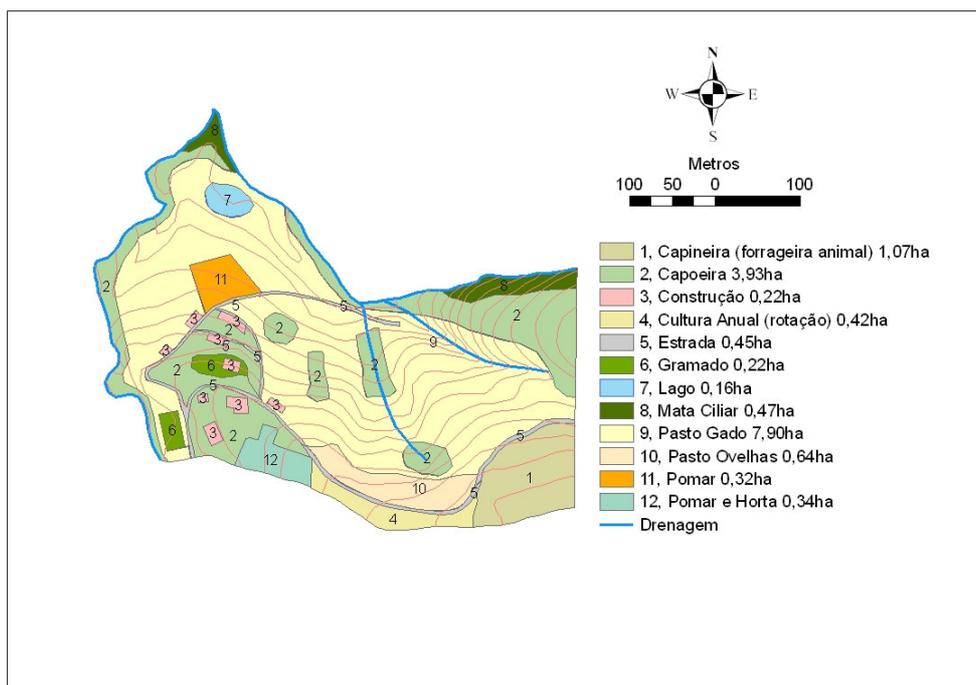


Figura 31 – Mapa de uso do solo do Sítio Duas Cachoeiras em 1990. Área total de 16,14ha. Curvas de nível de 5 em 5m.

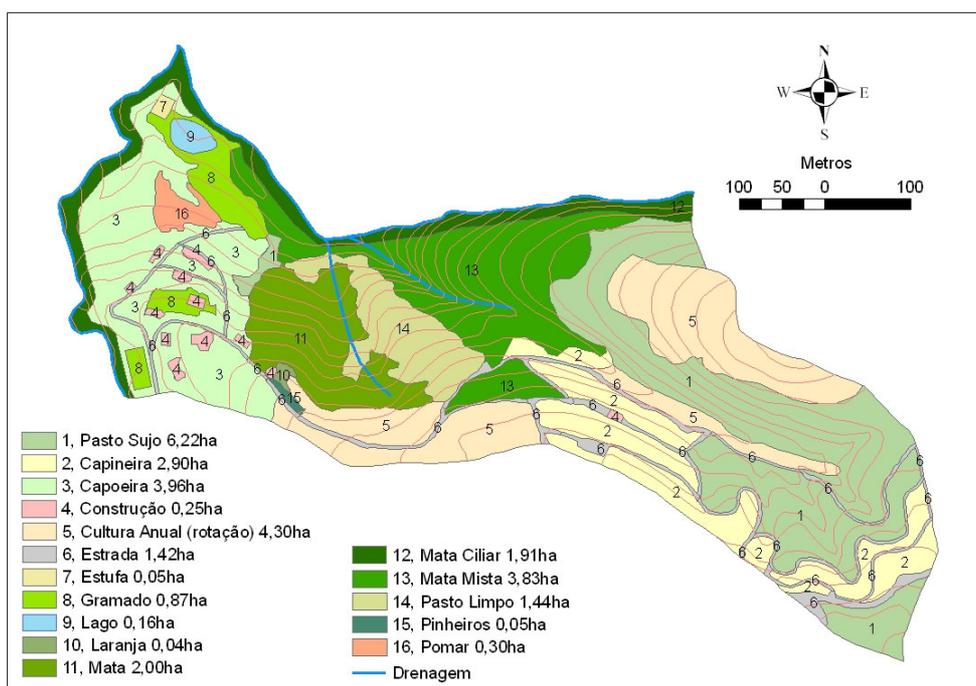


Figura 32 – Mapa de uso do solo do Sítio Duas Cachoeiras em 2003. Área total de 29,7ha. Curvas de nível de 5 em 5m.

O Sítio Duas Cachoeiras (SDC) surgiu da divisão de uma propriedade maior, em 1984 entre a família proprietária. Até esta data, a produção era a monocultura de café desde quatro décadas anteriores, fato este que degradou muito o solo, através de compactação, excesso de erosão, perda de nutrientes e da vida microbiológica do solo. Após essa data, as plantas de café foram cortadas e em seu lugar foi introduzido capim e braquiária decubens para o gado de corte. A propriedade era utilizada pela família apenas nos finais de semana como lazer, até que em 1985, um dos integrantes começou a preocupar-se com questões ecológicas e econômicas. Através da Figura 30, percebe-se que o uso do solo em 1980 era 81% de pasto para gado. O pasto plantado era a braquiária decubens, planta que até nos dias atuais é encontrada em vários pontos da propriedade. A região onde está localizado o SDC é muito ondulada e, portanto, deve-se tomar cuidado no planejamento de uso do solo. A utilização de pasto em áreas altamente declivosas faz com que a perda de solo através da erosão hídrica seja muito alta. Isso acarreta em perda de produtividade além de assoreamento do córrego que corre na parte mais baixa da propriedade. Além disso, percebe-se através da mesma figura que a propriedade não tinha mata ciliar, e apenas 9,4% da área total possuía cobertura vegetal com capoeira, que se trata de uma mata mais rala com árvores bem espaçadas.

Por estar localizado em uma região muito ondulada, o aparecimento de nascentes é facilitado. Através da Figura 30, vêem-se em 1980 duas nascentes, mas elas não tinham nenhum tipo de proteção natural (cobertura vegetal) e a água corria pelo pasto. Em 1990, cinco anos após a introdução de técnicas agroecológicas, as nascentes passaram a ser mais protegida através da cobertura vegetal (Figura 31). A área de pasto para o gado diminuiu para 49% da área total, as áreas de capoeira aumentaram para 24,2% e surgem áreas de mata ciliar (2,9%). É evidente também, a diversificação na produção, característica de sistemas agroecológicos, onde além de gado têm-se ovelhas e rotação de culturas anuais.

Em 1998 foi adquirida uma outra área, e o SDC passou a ter um total de 29,7 ha. Através da Figura 32, percebe-se que a proteção das nascentes aumentou muito, melhorando a qualidade e quantidade de água disponível, melhorando a qualidade e a quantidade de água disponível, e as áreas de mata compreendem agora, 40% do total da propriedade, incluindo capoeira, mata, mata ciliar e mata mista. Grandes áreas de preservação são características de sistemas agroecológicos, pois eles utilizam os serviços

ambientais (polinização, fungos, bactérias, insetos, etc.) na produção, sem a necessidade de aplicação de agroquímicos, além da importante função de produção de água com qualidade e quantidade durante todo o ano.

No mapa de uso de 2003 (Figura 32), fica evidente a diferença de cobertura vegetal em sistemas convencionais e em sistemas agroecológicos, pois a área adquirida em 1998 (convencional) estava totalmente degradada e está passando por mudanças através da utilização de práticas conservacionistas. Nessa área há apenas pasto sujo, capineira e áreas com rotação de culturas anuais. Não há nenhuma área com mata secundária ou reflorestamento. Nas áreas com ravinas, que exigem cuidado elevado com a cobertura vegetal para que o processo erosivo seja reduzido, os trabalhos de reflorestamento foram prejudicados com o fogo iniciado pela propriedade vizinha. A intenção do atual proprietário é realizar projetos com auxílio de universidades e centros de pesquisa, para a implantação de um sistema de agrofloresta nas áreas de pasto sujo (áreas com o nº1 no mapa).

É importante ressaltar que as áreas de mata do sítio cresceram e, desmistificando o que ainda algumas pessoas pensam, a rentabilidade do sítio cresceu ao longo dos anos (1,53% em 1980 para 2,35% em 1990 e 13% em 2003). Além da melhora em questões econômicas, o sítio passou a produzir muito mais água, através da infiltração no solo devido às práticas conservacionistas, chegando a 74 milhões de litros por ano. Maior biodiversidade (fauna e flora) também são características positivas do sítio.

Em relação à capacidade de uso do solo, a classificação visa estabelecer bases para o seu melhor aproveitamento e envolve a avaliação das necessidades para os vários usos que possam ser dados a determinada gleba. O principal fator a ser considerado é a declividade do terreno. Nesse trabalho, foi confeccionado um mapa de declividade para o Sítio Duas Cachoeiras para o ano de 2003 (Figura 33), cujos dados podem ser observados na Tabela 30.

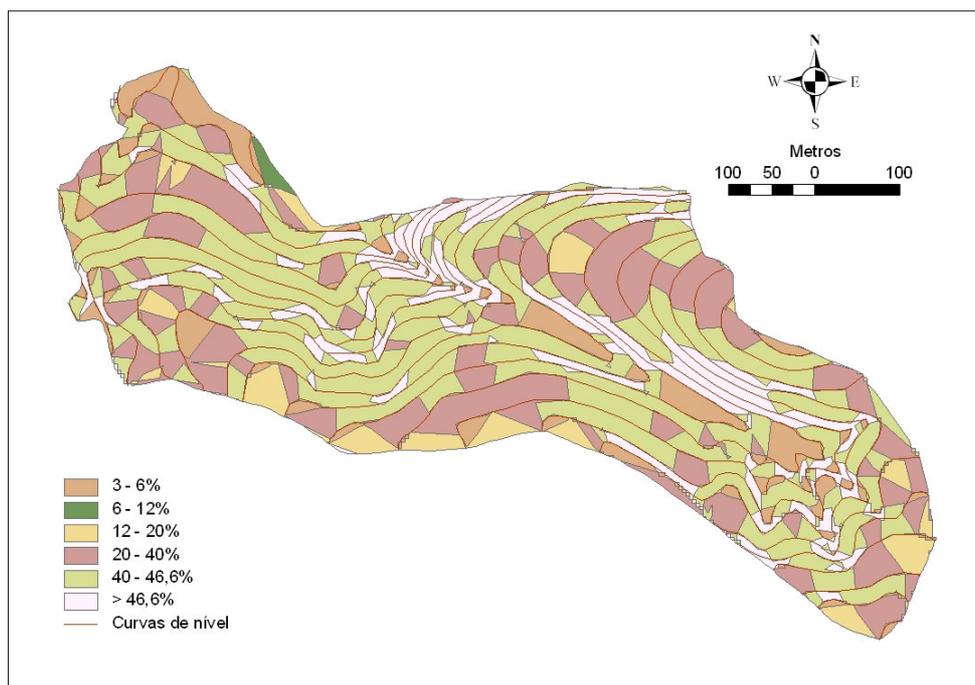


Figura 33 – Mapa de declividade do Sítio Duas Cachoeiras.

Tabela 30 – Classes de declividade e suas respectivas áreas do Sítio Duas Cachoeiras em 2003.

| Classe ^A | Área [ha] | % |
|---------------------|-----------|-------|
| 0 – 3% | 0,00 | 0,00 |
| 3 – 6% | 2,66 | 8,95 |
| 6 – 12% | 0,01 | 0,04 |
| 12 – 20% | 1,90 | 6,40 |
| 20 – 40% | 7,82 | 26,33 |
| 40 – 46,6% | 13,11 | 44,14 |
| > 46,6% | 4,20 | 14,14 |

^A Faixa de classe utilizada segundo Fadini (1998).

O critério para a adoção da classe de declividade de 46,6% é em respeito ao Código Florestal, Lei nº. 4771/65 (Ibama, 2004), que proíbe em seu artigo 10 a derrubada de florestas situadas na faixa situada entre 25 graus (46,6%) a 45 graus (100%), e em seu artigo 2º, considera área de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas no topo de morros, montes, montanhas, serras e nas encostas ou parte destas com declividade superior a 45°.

As classes encontradas, considerando apenas a declividade que é o fator principal, são as seguintes: (a) Classe III (9% da área do sítio): são terras próprias para culturas anuais, com problemas desde simples até complexos, para manutenção de produtividade e conservação. Declividade varia de 0 – 12%; (b) Classe IV (6,4% da área do sítio): não devem ser utilizadas continuamente com culturas anuais, sendo mais apropriadas com culturas perenes e pastagens, podendo ser cultivada ocasionalmente. Através da inserção de manejo conservacionista, as culturas anuais podem ocupar essas áreas. Declividade varia de 12 – 20%; (c) Classe VI (26,3% da área do sítio): essas áreas não devem ser ocupadas com culturas anuais, sendo indicadas para pastagem e reflorestamento. Somente através de manejo conservacionista (plantio em palha, restos culturais, curvas de nível e terraços) podem ser utilizadas para culturas anuais. Declividade varia de 20 – 40%; (d) Classe VII (58,3% da área do sítio): essas áreas devem ser ocupadas com reflorestamento, abrigando apenas flora e fauna. Declividades acima de 40% (Fadini, 1998; Bertoni & Lombardi Neto, 1999).

O Sítio Duas Cachoeiras está localizado em uma região com relevo muito ondulado (Serra da Mantiqueira), possuindo declividades elevadas. Nas áreas mais declivosas (> 40%) tem-se mata, mata mista, mata ciliar, pasto sujo e pasto (Figura 32), somando 52% da área da propriedade. Essa porcentagem é menor que o valor da Classe VII (58,3%) obtida pela classificação do sítio, mas os valores são próximos, indicando que a ocupação do solo está próxima ao ideal. Cabe ressaltar que o local onde está o pasto não está de acordo com a classificação ideal para o solo, pois se encontra numa área declivosa, devendo ser mudado de local. Nas áreas de pasto sujo da Figura 32, o proprietário pretende implantar projetos de agrofloresta, melhorando ainda mais a adequabilidade de uso do solo.

As áreas de cultura anual do sítio (15% da área total) estão em declividades de 12 a 20%. Essas culturas caem nas classes III e IV (15,4%) citadas acima, evidenciando que o local do plantio para essas culturas também está de acordo com a capacidade do solo. Dessa maneira, exceto a área de pasto, o uso e ocupação do Sítio Duas Cachoeiras está de acordo com a capacidade de suporte do solo para que a erosão seja minimizada e a sustentabilidade aumentada.

6.8. ESTUDO DA DINÂMICA DOS ÍNDICES EMERGÉTICOS DO SÍTIO DUAS CACHOEIRAS

Para estudar a dinâmica dos índices do Sítio Duas Cachoeiras, foram realizadas análises emergéticas para os anos de 1980 e 1990, além de utilizar os dados da análise já realizada no item 6.2. para o ano de 2003. Após várias entrevistas com o proprietário, que utilizou informações pessoais (anotações de contabilidade em arquivos) foi realizada a Tabela de Avaliação Emergética para os anos de 1980 e 1990, e a obtenção dos índices para comparação.

6.8.1. Sítio Duas Cachoeiras em 1980

Tabela 31 – Avaliação Emergética do Sítio Duas Cachoeiras (1980).

| Nota | Contribuição | Valor Numérico ^A | Unid./ha.ano | Transformidade [sej/Unid.] | Fluxo de Emergia [sej/ha.ano] x10 ¹³ | % do total de Y |
|--|-------------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------|---|-----------------|
| Recursos Naturais Renováveis (R): | | | | | | |
| 1 | sol | 1,52E+11 | J | 1 | 0,0152 | 0,00 |
| 2 | chuva | 6,25E+10 | J | 4,70E+04 | 294 | 22,93 |
| 3 | vento | 1,51E+10 | J | 2,45E+03 | 3,69 | 0,29 |
| 4 | lençol freático | 3,81E+08 | J | 1,76E+05 | 6,71 | 0,52 |
| Recursos Naturais Não Renováveis (N): | | | | | | |
| 5 | erosão do solo agrícola | 1,09E+11 | J | 7,40E+04 | 803 | 62,67 |
| Contribuição da Economia (M): | | | | | | |
| 6 | depreciação instalações | 4,13E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 13,6 | 1,06 |
| 7 | combustível | 1,95E+08 | J | 1,11E+05 | 2,16 | 0,17 |
| 8 | eletricidade | 6,69E+08 | J | 3,36E+05 | 22,5 | 1,75 |
| 9 | materiais a manutenção | 6,20E+01 | US\$ | 3,70E+12 | 22,9 | 1,79 |
| 10 | vacinas e remédios | 4,13E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 13,6 | 1,06 |
| Contribuição da Economia (S): | | | | | | |
| 11 | mão-de-obra simples | 1,93E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 63,8 | 4,98 |
| 12 | manutenção | 1,03E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 34,1 | 2,66 |
| 13 | impostos | 2,07E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,682 | 0,05 |
| 14 | serviços privados | 2,07E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,682 | 0,05 |
| Emergia Total (Y): | | | | | 1281 | 100 |

^A Os cálculos do Valor Numérico e a fonte das Transformidades utilizadas podem ser visualizadas no Apêndice 5.

Tabela 32– Energia total produzida pelo Sítio Duas Cachoeiras (1980).

| Produto | Produção ^A [kg/ano] | Valor Calórico do Produto ^B [kcal/kg] | Energia do Produto ^C [J/ha.ano] |
|---------------------------------|-----------------------------------|---|---|
| Frutas | 200 | 800 | 4,15E+07 |
| Água | - | - | 4,86E+09 ^D |
| Produto | Produção [cabeça/ano] | Valor Calórico do Produto [kcal/cabeça] | Energia do Produto [J/ha.ano] |
| Gado | 30 | 5000 | 3,89E+07 |
| Produto | Produção [litro/ano] | Valor Calórico do Produto [kcal/litro] | Energia do Produto [J/ha.ano] |
| Leite | 720 | 707 | 1,32E+08 |
| Energia total produzida: | | | 5,08E+09 |

^A Dado fornecido pelo proprietário.

^B O valor calórico dos produtos foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acessado em 20/05/2004.

^C energia [J/ha.ano] = produção [kg/ano]*valor calórico [kcal/kg]*4186 [J/kcal]*área da propriedade [ha]

^D Infiltração de água no solo = 5% de toda a chuva anual, pois não maneja corretamente o solo (ver item 5.6). Pluviosidade da região de 1250 mm/ano (3,15E+08 litros/ano em 16,14ha). Assim, a água infiltrada é de 1,57+E07 litros/ano (1,57E+04 m³/ano).

$$\text{Água} = 1,57E+04 \text{ m}^3/\text{ano} * (1/\text{área ha}) * (1000\text{kg}/\text{m}^3) * (5000\text{J}/\text{kg}) = 4,86E+09 \text{ J/ha.ano}$$

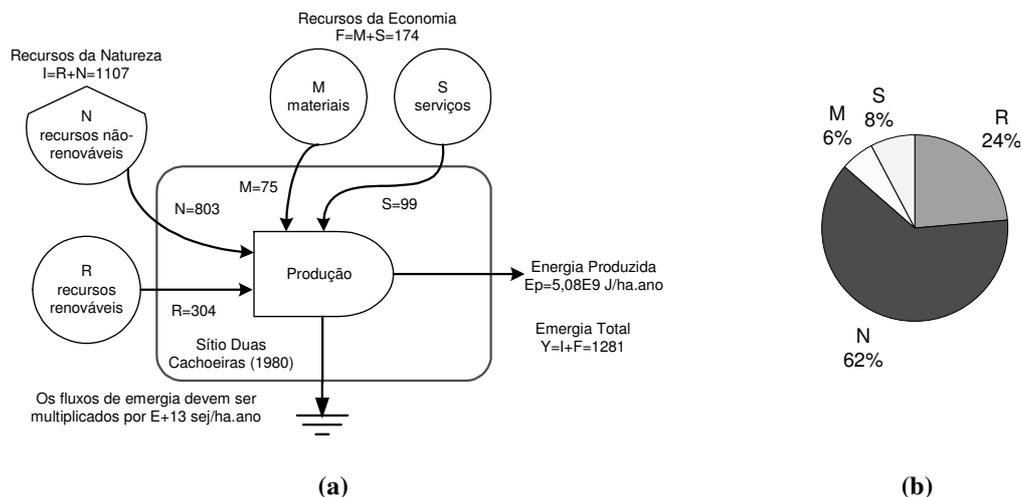


Figura 34 – Indicadores do Sítio Duas Cachoeiras em 1980: (a) Diagrama de fluxo de energia agregado do Sítio Duas Cachoeiras em 1980; (b) Percentagem dos fluxos energéticos de entrada em relação a energia total.

Tabela 33 – Índices emergéticos do Sítio Duas Cachoeiras (1980).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|--------------------------------|-------------------------------------|---------|--------------|
| Transformidade do Sítio | $Tr = Y/Ep$ | 2523856 | sej/J |
| Taxa de Rendimento | $EYR = Y/F$ | 7,36 | adimensional |
| Taxa de Investimento | $EIR = F/I$ | 0,16 | adimensional |
| Renovabilidade | $\%R = 100(R/Y)$ | 23,74 | % |
| Taxa de Intercâmbio Emergético | $EER = Y/\text{receitas.emdólar}^A$ | 8,31 | adimensional |

^A emdólar para o Brasil = 3,3E12 sej/US\$ (emdólar e dados monetários considerados para o ano de 2003)
receitas = 22.610,00 R\$/ano (Apêndice 5)

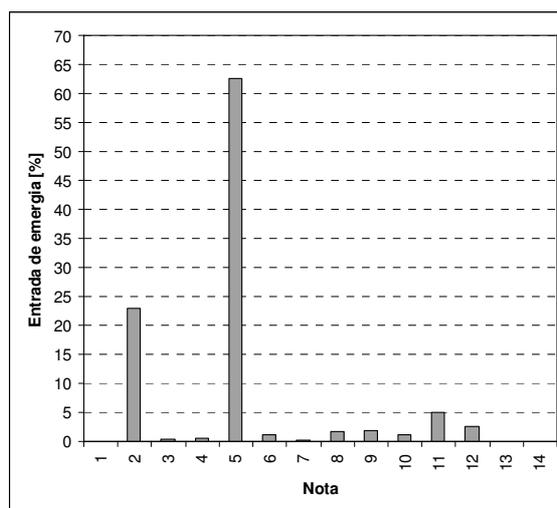


Figura 35 – Porcentagem de cada item do total de energia utilizada no Sítio Duas Cachoeiras em 1980. Cada Nota corresponde a um item que pode ser visualizado na Tabela 31.

Tabela 34 – Índices econômicos e sociais do Sítio Duas Cachoeiras (1980).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|---------------------------------|-----------------------------|--------|--------------|
| Rentabilidade sem Externalidade | $(receita-custo)/(custo)^A$ | 0,01 | adimensional |
| Trabalhadores/ha | | 0,19 | peessoas/ha |
| Pessoas Empregadas/ha | | 0,19 | peessoas/ha |
| Custo Emprego/ha.ano | | 579,93 | R\$/ha.ano |

^A custos = 22.340,00 R\$/ano (Apêndice 5)

A discussão da evolução dos índices pode ser visualizada no item 6.8.3.

6.8.2. Sítio Duas Cachoeiras em 1990

Tabela 35 – Avaliação Emergética do Sítio Duas Cachoeiras (1990).

| Nota | Contribuição | Valor Numérico ^A | Unid./ha.ano | Transformidade [sej/Unid.] | Fluxo de Energia [sej/ha.ano] $\times 10^{13}$ | % do total de Y |
|--|-------------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------|--|-----------------|
| Recursos Naturais Renováveis (R): | | | | | | |
| 1 | sol | 1,52E+11 | J | 1 | 0,0152 | 0,00 |
| 2 | chuva | 6,25E+10 | J | 4,70E+04 | 294 | 24,59 |
| 3 | vento | 1,51E+10 | J | 2,45E+03 | 3,69 | 0,31 |
| 4 | lençol freático | 7,33E+08 | J | 1,76E+05 | 12,9 | 1,08 |
| Recursos Naturais Não Renováveis (N): | | | | | | |
| 5 | erosão do solo agrícola | 9,04E+10 | J | 7,40E+04 | 669 | 56,01 |
| Contribuição da Economia (M): | | | | | | |
| 6 | depreciação instalações | 1,89E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 62,5 | 5,23 |
| 7 | combustível | 1,95E+08 | J | 1,11E+05 | 2,16 | 0,18 |
| 8 | eletricidade | 1,34E+08 | J | 3,36E+05 | 4,50 | 0,38 |
| 9 | materiais manutenção | 5,16E+01 | US\$ | 3,70E+12 | 19,1 | 1,60 |
| 10 | vacinas e remédios | 2,48E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 8,18 | 0,68 |
| Contribuição da Economia (S): | | | | | | |
| 11 | mão-de-obra simples | 1,61E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 53,2 | 4,45 |
| 12 | mão-de-obra familiar | 1,29E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 42,5 | 3,56 |
| 13 | manutenção | 4,13E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 13,6 | 1,14 |
| 14 | impostos | 3,10E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 1,02 | 0,09 |
| 15 | serviços privados | 3,10E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 1,02 | 0,09 |
| 16 | telefone | 2,23E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 7,36 | 0,62 |
| Energia Total (Y): | | | | | 1195 | 100 |

^A Os cálculos do Valor Numérico e a fonte das Transformidades utilizadas podem ser visualizadas no Apêndice 6.

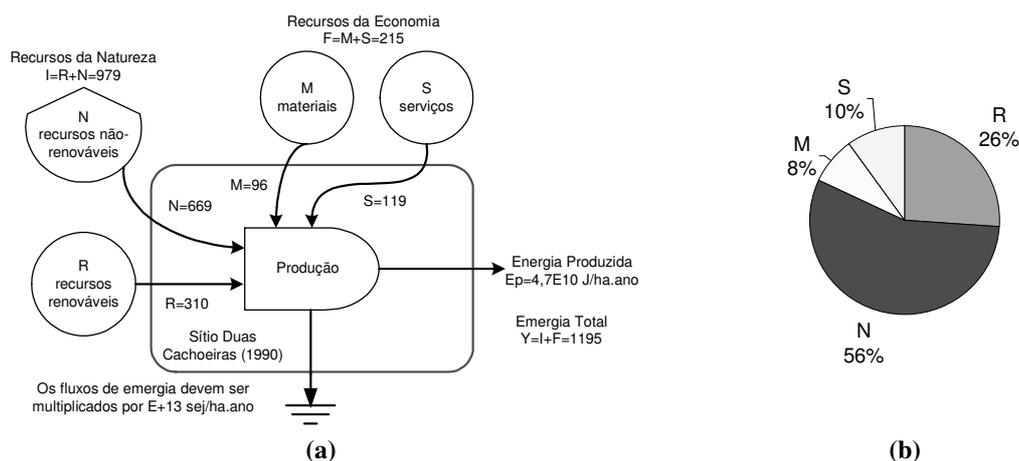


Figura 36 – Indicadores do Sítio Duas Cachoeiras em 1990: (a) Diagrama de fluxo de energia agregado do Sítio Duas Cachoeiras em 1990; (b) Porcentagem dos fluxos energéticos de entrada em relação a energia total.

Tabela 36– Energia total produzida pelo Sítio Duas Cachoeiras (1990).

| Produto | Produção ^A [kg/ano] | Valor Calórico do Produto ^B [kcal/kg] | Energia do Produto ^D [J/ha.ano] |
|-----------|-----------------------------------|---|---|
| Milho | 1600 | 3500 | 1,45E+09 |
| Feijão | 30 | 2620 | 2,04E+07 |
| Abóbora | 80 | 150 | 3,11E+06 |
| Mandioca | 150 | 1330 | 5,17E+07 |
| Hortaliça | 7500 | 200 | 3,89E+08 |
| Frutas | 750 | 800 | 1,56E+08 |
| Lã Fiada | 7,2 | 4500 | 8,40E+06 |
| Lã Tapete | 4,8 | 4500 | 5,60E+06 |
| Lã Tecido | 12 | 4500 | 1,40E+07 |
| Mel | 50 | 3125 | 4,05E+07 |
| Própolis | 1 | 5000 | 1,30E+06 |
| Cera | 5 | 8000 | 1,04E+07 |
| Gado | 10000 | 5000 | 1,95E+10 |
| Água | - | - | 2,30E+10 ^E |
| Biomassa | - | - | 2,24E+09 ^F |

| Produto | Produção ^A [hora/ano] | Valor Calórico do Produto ^C [kcal/hora] | Energia do Produto [J/ha.ano] |
|---------------------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|
| Pesquisa | 200 | 146 | 7,57E+06 |
| Aulas | 1000 | 146 | 3,79E+07 |
| Energia total produzida: | | | 4,70E+10 |

^A Dado fornecido pelo proprietário.

^B O valor calórico dos produtos foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acessado em 20/05/2004.

^C Considerando 3.500kcal/dia.pessoa.

^D energia [J/ha.ano] = produção [kg/ano]*valor calórico [kcal/kg]*4186 [J/kcal]*área da propriedade [ha]

^E Infiltração de água no solo = 20% de toda a chuva anual, pois maneja corretamente o solo (ver item 5.6). Pluviosidade da região de 1250 mm/ano (3,72E+08 litros/ano em 16,14ha). Assim, a água infiltrada é de 7,43E+07 litros/ano (7,43E+04 m³/ano).

Água = 7,43E+04 m³/ano*(1/área ha)*(1000kg/m³)*(5000J/kg)= 2,3E+13 J/ha.ano

^F Biomassa = 1808 kJ/m².ano* (10⁴m²/ha)*(14ha/área ha)*(1000J/1kJ)= 2,24E+09 J/ha.ano

Média anual de produtividade líquida de uma floresta tropical (100 anos) = 36160 [kJ/m².ano]. Fonte: Ecologia: Aventura na Ciência. Editora Globo. pág.8. 1994. A zona de recuperação do sítio mede 2 ha e tem 5 anos de idade.

Tabela 37 – Índices emergéticos do Sítio Duas Cachoeiras (1990).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------|--------------|
| Transformidade do Sítio | Tr = Y/Ep | 254408 | sej/J |
| Taxa de Rendimento | EYR = Y/F | 5,55 | adimensional |
| Taxa de Investimento | EIR = F/I | 0,22 | adimensional |
| Renovabilidade | %R = 100(R/Y) | 25,98 | % |
| Taxa de Intercâmbio Emergético | EER = Y/receitas.emdólar ^A | 8,12 | adimensional |

^A emdólar para o Brasil = 3,3E12 sej/US\$ (emdólar e dados monetários considerados para o ano de 2003)
receitas = 21.588,20 R\$/ano (Apêndice 6)

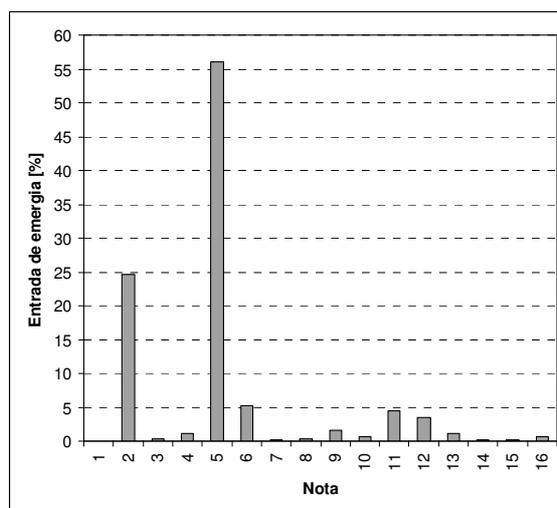


Figura 37 - Percentagem de cada item do total de energia utilizada no Sítio Duas Cachoeiras em 1990. Cada Nota corresponde a um item que pode ser visualizado na Tabela 35.

Tabela 38 – Índices econômicos e sociais do Sítio Duas Cachoeiras (1990).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|---------------------------------|---|-------|--------------|
| Rentabilidade sem Externalidade | $(\text{receita-custo})/(\text{custo})^A$ | 0,15 | adimensional |
| Trabalhadores/ha | | 0,25 | peessoas/ha |
| Pessoas Empregadas/ha | | 0,12 | peessoas/ha |
| Custo Emprego/ha.ano | | 96,65 | R\$/ha.ano |

^A custos = 18.762,67 R\$/ano (Apêndice 6)

A discussão da evolução dos índices pode ser visualizada no item 6.8.3.

6.8.3. Estudo dos Índices

A evolução dos índices ao longo dos anos de 1980, 1990 e 2003, pode ser visualizada nas Figuras 38, 39, 40 e 41.

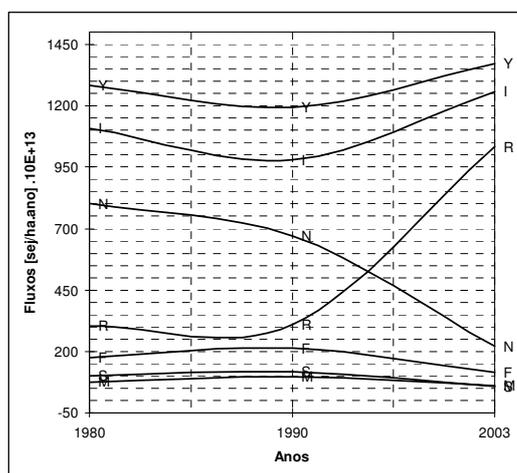


Figura 38 – Variação dos fluxos de energia do Sítio Duas Cachoeiras. {Y=energia total; R=renováveis; N=não-renováveis; I=recursos da natureza (I=R+N); M=materiais; S=serviços; F=recursos da economia (F=M+S)}

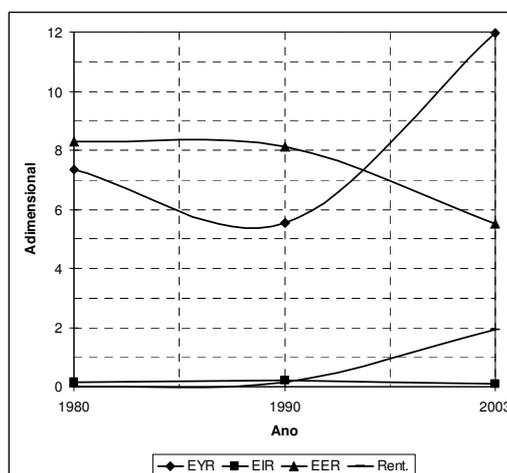


Figura 39 – Variação dos índices energéticos do Sítio Duas Cachoeiras. {EYR=taxa de rendimento; EIR=taxa de investimento; EER=taxa de intercâmbio; Rent.=rentabilidade econômica}

Através da Figura 38 verifica-se que a entrada de recursos renováveis (“R”) aumentou 240% (de 304 para 1035) de 1980 a 2003, enquanto a entrada de recursos não-renováveis (“N”) teve uma queda de 72% (de 803 para 221) para o mesmo período. A contribuição da natureza obteve um aumento de 13% (de 1107 para 1256), cujos maiores responsáveis foram os nutrientes (fósforo, potássio, cálcio, nitrogênio e outros) extraídos com a colheita, que passaram a ser renováveis devido ao manejo sustentável do solo. As entradas de materiais (“M”) e serviços (“S”) tiveram uma queda de 21% (de 75 para 59) e 43% (de 99 para 56) respectivamente, reduzindo o valor de “F” em 34% (de 174 para 115). Percebe-se ainda, que o valor da energia total (“Y”) empregada na produção, teve um acréscimo de 7% (1281 para 1371) ao longo dos 23 anos e a energia produzida subiu em 860% (5,08E+9 para 4,88E+10 J/ha.ano) com a rentabilidade aumentando de 0,01 em 1980 para 1,93 em 2003. Esses dados mostram que: (a) sistemas agroecológicos conseguem produzir através de mais recursos da natureza do que recursos da economia, tornando-o

mais resiliente a pressões de mercado externo; (b) sistemas agroecológicos preservam o solo, pois possuem menor erosão (identificado pela queda dos recursos naturais não renováveis); (c) sistemas agroecológicos são muito mais eficientes, pois com aproximadamente a mesma energia que entra no sistema, a energia produzida aumentou 860%.

Essas grandes mudanças nos fluxos energéticos, devem-se ao fato do sítio produzir convencionalmente antes de 1985 e, somente depois dessa data, começou a adotar conceitos agroecológicos.

Na Figura 39 tem-se que o $EYR=Y/F$, que indica a contribuição da natureza para a produção, subiu 62% (de 7,36 para 11,96) durante os 23 anos. Porém, cabe ressaltar que em 1980, 62% da energia da natureza eram de recursos não renováveis (Figura 34). Em 1990, essa porcentagem caiu para 56% (Figura 36) e em 2003 era de 16% (Figura 22). Assim, fica evidente que sistemas agroecológicos utilizam mais recurso renovável da natureza, aumentando sua sustentabilidade. O índice $EIR=F/I$ teve uma queda de 43% (de 0,16 para 0,09), evidenciando que os recursos da economia diminuíram e os da natureza aumentaram. A taxa de intercâmbio ($EER=Y/\text{em dólar}$) decresceu durante os anos (de 8,31 para 5,52), evidenciando que em 1980, o sítio não recebia na venda dos produtos o total de energia empregada na produção, já em 2003, o dinheiro recebido pela venda dos produtos ainda não paga o total de energia empregada na produção, mas está mais próximo do valor ideal de 1, pois sistemas orgânicos conseguem agregar valor aos seus produtos e utilizar a energia de maneira mais eficiente.

Na Figura 39, tem-se que a Rentabilidade do sítio aumentou, onde em 1980 era de 0,01, em 1990 era de 0,15 e em 2003 era de 1,93. Cabe ressaltar que no Sítio Duas Cachoeiras, além da produção agrícola, também são realizadas aulas com crianças e pesquisas, aumentando a receita do sítio.

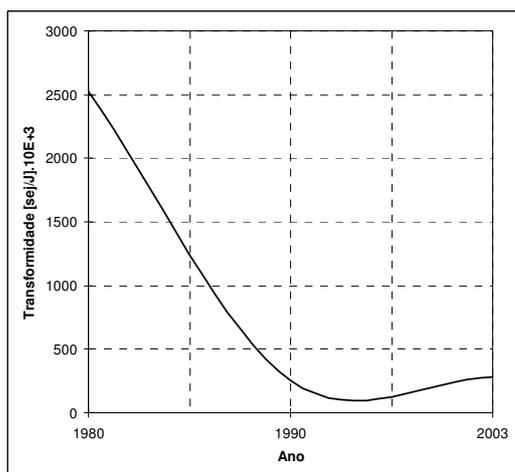


Figura 40 – Variação da transformidade do Sítio Duas Cachoeiras.

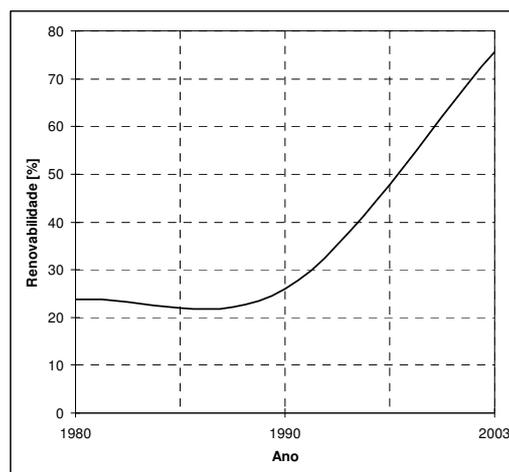


Figura 41 – Variação da renovabilidade do Sítio Duas Cachoeiras.

A transformidade ecossistêmica é definida como o inverso da eficiência. Ela é calculada através da divisão do total de energia (sej) que entra no sistema pelo total de energia (J) que o sistema produz. Sendo assim, quanto menor for seu valor melhor será o desempenho do sistema avaliado. Pela Figura 40, percebe-se que a transformidade decresceu muito, de 2.523.856 em 1980 para 280.863 em 2003. Isso evidencia que o sistema agroecológico possui maior eficiência ecossistêmica comparado ao sistema convencional, aproveitando de maneira sustentável a energia utilizada.

A renovabilidade é calculada através da divisão dos recursos naturais renováveis pela energia total utilizada pelo sistema de produção ($%R=R/Y$). Através da Figura 41, percebe-se o aumento desse índice, que passa de 23% em 1980 para 26% em 1990 e para 75% em 2003, evidenciando sua sustentabilidade. Os sistemas agroecológicos maduros são altamente sustentáveis, que é resultado da diversificação na produção e reciclagem interna de nutrientes, conseguindo bons preços de venda para seus produtos e sendo menos dependente de recursos da economia. Além disso, possuem grande harmonia com a natureza e a sociedade, protege a flora e a fauna, produzem água em elevada quantidade e qualidade e protegem seu solo contra erosão.

6.9. ANÁLISE EMERGÉTICA SETORIAL DO SÍTIO DUAS CACHOEIRAS

Para realizar as análises emergéticas setoriais do Sítio Duas Cachoeiras, foram consideradas a área de pasto (produção de lã), mata (incluindo mata, mata ciliar e mata mista), cultura anual e pomar. Após várias entrevistas com o proprietário, que utilizou informações pessoais (anotações de contabilidade em arquivos) foi realizada a Tabela de Avaliação Emergética para cada setor, considerando dados do ano de 2003, e calculado seus respectivos índices.

6.9.1. Pasto - Produção de Lã

A área de pasto do Sítio Duas Cachoeiras é utilizada para a criação de ovelhas com o objetivo exclusivo de extração de lã para processá-la e obter lã bruta, fio, tecido e tapeçaria. O pasto é composto pela braquiária decubens, plantada há mais de 20 anos atrás, e a capineira napier é utilizada como ração suplementar. A energia produzida e a tabela de avaliação emergética desse setor pode ser visualizada nas Tabelas 39 e 40.

Tabela 39– Energia total produzida pela área de pasto do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Produto | Produção ^A [kg/ano] | Valor Calórico do Produto ^B [kcal/kg] | Energia do Produto ^C [J/ha.ano] |
|---------------------------------|-----------------------------------|---|---|
| Lã Fiada | 36 | 4500 | 4,71E+08 |
| Lã Tapete | 24 | 4500 | 3,14E+08 |
| Lã Tecido | 60 | 4500 | 7,85E+08 |
| Água | - | - | 6,46E+10 ^D |
| Energia total produzida: | | | 6,62E+10 |

^A Dado fornecido pelo proprietário.

^B O valor calórico dos produtos foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acessado em 20/05/2004.

^C energia [J/ha.ano] = produção [kg/ano]*valor calórico [kcal/kg]*4186 [J/kcal]*área da propriedade [ha]

^D Infiltração de água no solo = 5% de toda a chuva anual (ver item 5.6). Pluviosidade da região de 1250 mm/ano (3,72E+08 litros/ano em 1,44 ha). Assim, devido ao manejo correto do solo agrícola, a água infiltrada é de 1,86E+07litros/ano (1,86E+04 m³/ano).

Água = 1,86E+04 m³/ano*(1/área ha)*(1000kg/m³)*(5000J/kg)= 6,46E+10 J/ha.ano

Tabela 40 – Avaliação Emergética da área de pasto do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Nota | Contribuição | Valor Numérico ^A | Unid./ha.ano | Transformidade [sej/Unid.] | Fluxo de Energia [sej/ha.ano] x10 ¹³ | % do total de Y |
|--|-------------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------|---|-----------------|
| Recursos Naturais Renováveis (R): | | | | | | |
| 1 | sol | 1,52E+11 | J | 1 | 0,0152 | 0,00 |
| 2 | chuva | 6,25E+10 | J | 4,70E+04 | 294 | 17,58 |
| 3 | vento | 1,51E+10 | J | 2,45E+03 | 3,69 | 0,22 |
| Recursos Naturais Não Renováveis (N): | | | | | | |
| 4 | erosão do solo agrícola | 1,36E+11 | J | 7,40E+04 | 1000 | 60,05 |
| Contribuição da Economia (M): | | | | | | |
| 5 | depreciação instalações | 1,84E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 60,6 | 3,63 |
| 6 | combustível | 1,09E+08 | J | 1,11E+05 | 1,21 | 0,07 |
| 7 | eletricidade | 1,25E+08 | J | 3,36E+05 | 4,20 | 0,25 |
| 8 | materiais manutenção | 6,94E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 22,9 | 1,37 |
| 9 | capineira | 1,70E+11 | J | 4,30E+03 | 73,0 | 4,37 |
| Contribuição da Economia (S): | | | | | | |
| 10 | mão-de-obra simples | 1,83E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 60,4 | 3,61 |
| 11 | mão-de-obra familiar | 3,66E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 121 | 7,23 |
| 12 | manutenção | 4,63E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 15,3 | 0,91 |
| 13 | impostos | 2,31E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,764 | 0,05 |
| 14 | telefone | 3,33E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 11,0 | 0,66 |
| Energia Total (Y): | | | | | 1671 | 100 |

^A Os cálculos do Valor Numérico e a fonte das Transformidades utilizadas podem ser visualizadas no Apêndice 7.

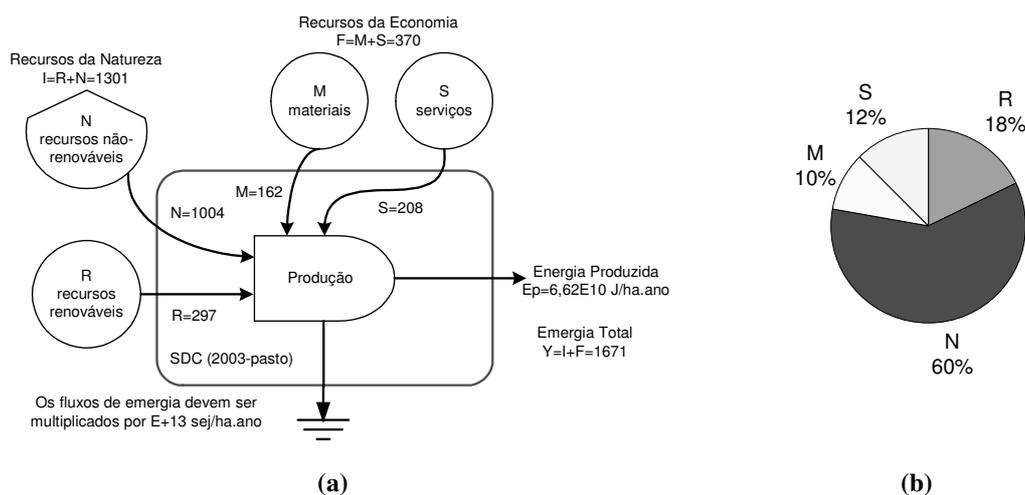


Figura 42 – Indicadores da área de pasto em 2003: (a) Diagrama de fluxo de energia agregado da área de pasto Sítio Duas Cachoeiras em 2003; (b) Porcentagem dos fluxos emergéticos de entrada em relação a energia total.

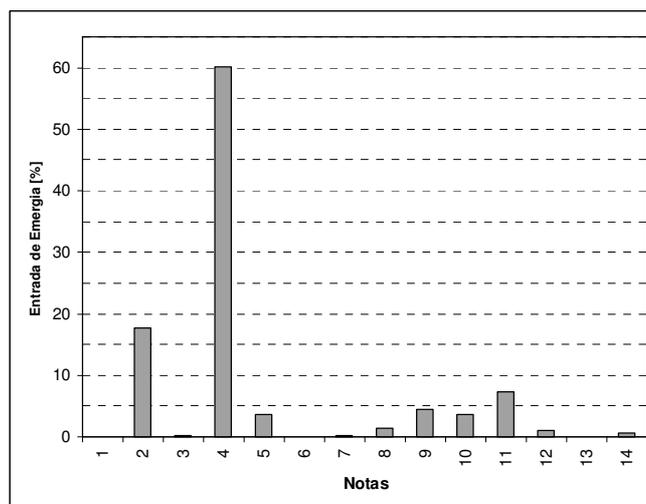


Figura 43 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada na área de pasto do Sítio Duas Cachoeiras em 2003. Cada Nota corresponde a uma contribuição ao sistema que pode ser visualizada na Tabela 40.

Tabela 41 – Índices emergéticos e rentabilidade econômica da área de pasto do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|--------------------------------|--------------------------------|--------|--------------|
| Transformidade do Sítio | $Tr = Y/Ep$ | 252641 | sej/J |
| Taxa de Rendimento | $EYR = Y/F$ | 4,51 | adimensional |
| Taxa de Investimento | $EIR = F/I$ | 0,28 | adimensional |
| Renovabilidade | $\%R = 100(R/Y)$ | 17,80 | % |
| Taxa de Intercâmbio Emergético | $EER = Y/receitas.emdólar^A$ | 2,34 | adimensional |
| Rentabilidade | $(receitas-custos)/(custos)^B$ | 2,97 | adimensional |

^A emdólar para o Brasil = 3,3E12 sej/US\$

receitas = 9.336,00 R\$/ano (Apêndice 7)

^B custos = 2.351,17 R\$/ano (Apêndice 7)

A discussão da Tabela 41 pode ser visualizada no item 6.9.5.

6.9.2. Mata – Mata, mata ciliar e mata mista

Tabela 42 – Avaliação Emergética da área de mata do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Nota | Contribuição | Valor Numérico ^A | Unid./ha.ano | Transformidade [sej/Unid.] | Fluxo de Emergia [sej/ha.ano] x10 ¹³ | % do total de Y |
|--|-------------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------|---|-----------------|
| Recursos Naturais Renováveis (R): | | | | | | |
| 1 | sol | 1,52E+11 | J | 1 | 0,0152 | 0,00 |
| 2 | chuva | 6,25E+10 | J | 4,70E+04 | 294 | 89,49 |
| 3 | vento | 1,51E+10 | J | 2,45E+03 | 3,69 | 1,13 |
| Recursos Naturais Não Renováveis (N): | | | | | | |
| 4 | erosão do solo agrícola | 1,81E+09 | J | 7,40E+04 | 13,4 | 4,08 |
| Contribuição da Economia (M): | | | | | | |
| 5 | depreciação instalações | 3,35E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 11,1 | 3,37 |
| Contribuição da Economia (S): | | | | | | |
| 6 | mão-de-obra familiar | 1,70E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 5,61 | 1,71 |
| 7 | impostos | 2,15E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,710 | 0,22 |
| Energia Total (Y): | | | | | 328 | 100 |

^A Os cálculos do Valor Numérico e a fonte das Transformidades utilizadas podem ser visualizadas no Apêndice 8.

Tabela 43 - Energia total produzida pela área de mata do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Produto | Produção ^A [kg/ano] | Valor Calórico do Produto ^B [kcal/kg] | Energia do Produto ^C [J/ha.ano] |
|---------------------------------|--------------------------------|--|--|
| Mel | 600 | 3125 | 1,01E+09 |
| Própolis | 10 | 5000 | 2,70E+07 |
| Cera | 20 | 8000 | 8,64E+07 |
| Água | - | - | 6,00E+10 ^D |
| Biomassa | - | - | 6,87E+10 ^E |
| Energia total produzida: | | | 1,30E+11 |

^A Dado fornecido pelo proprietário.

^B O valor calórico dos produtos foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acessado em 20/05/2004.

^C energia [J/ha.ano] = produção [kg/ano]*valor calórico [kcal/kg]*4186 [J/kcal]*área da propriedade [ha]

^D Infiltração de água no solo = 25% de toda a chuva anual (ver item 5.6). Pluviosidade da região de 1250 mm/ano (3,72E+08 litros/ano em 7,75ha). Assim, devido ao manejo correto do solo agrícola, a água infiltrada é de 9,3E+07litros/ano (9,3E+04 m³/ano).

Água = 9,3E+04 m³/ano*(1/área ha)*(1000kg/m³)*(5000J/kg)= 6,00E+10 J/ha.ano

^E Média anual de produtividade líquida de uma floresta tropical (100 anos) = 36160 [kJ/m².ano]. Fonte: Ecologia: Aventura na Ciência. Editora Globo. pág.8. 1994. A área de mata do sítio mede 7,75ha e tem 19 anos de idade, totalizando 6,87E+03 kJ/m².ano.

Biomassa = 6870,00 kJ/m².ano* (10⁴m²/ha)*(7,75ha/área ha)*(1000J/1kJ)= 6,87E+10 J/ha.ano

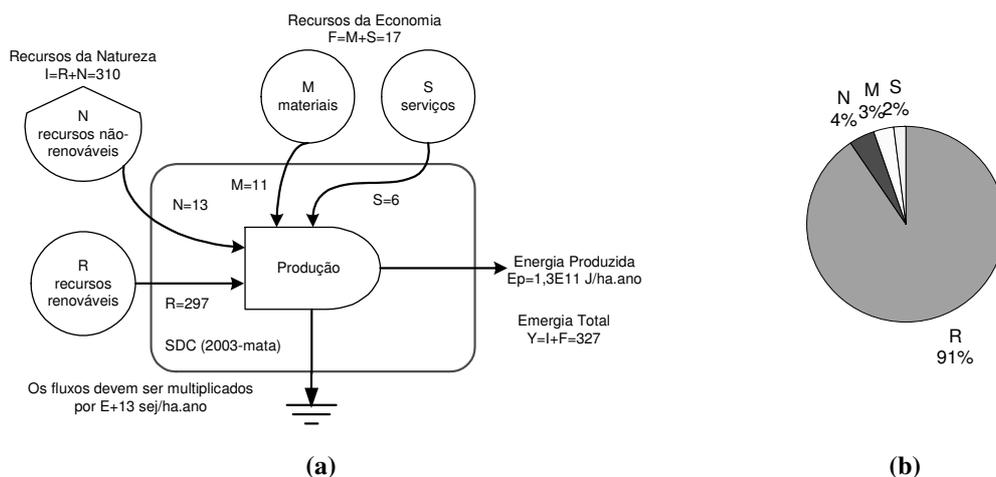


Figura 44 – Indicadores da área de mata em 2003: (a) Diagrama de fluxo de energia agregado da área de mata Sítio Duas Cachoeiras em 2003; (b) Porcentagem dos fluxos energéticos de entrada em relação a energia total.

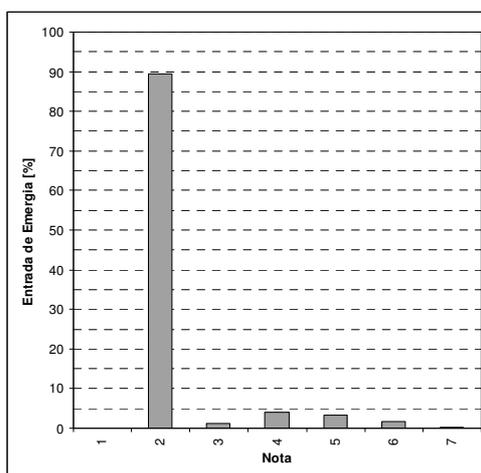


Figura 45 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada na área de mata do Sítio Duas Cachoeiras em 2003. Cada Nota corresponde a uma contribuição ao sistema que pode ser visualizada na Tabela 42.

Tabela 44 – Índices energéticos e rentabilidade econômica da área de mata do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|-------------|
| Transformidade do Sítio | $Tr = Y/Ep$ | 25282 | sej/J |
| Taxa de Rendimento | $EYR = Y/F$ | 18,87 | dimensional |
| Taxa de Investimento | $EIR = F/I$ | 0,06 | dimensional |
| Renovabilidade | $\%R = 100(R/Y)$ | 90,62 | % |
| Taxa de Intercâmbio Energético | $EER = Y/receitas.\text{emdólar}^A$ | 3,49 | dimensional |
| Rentabilidade | $(receitas-custos)/(custos)^B$ | 6,98 | dimensional |

^A emdólar para o Brasil = 3,3E12 sej/US\$
receitas = 6.620,00 R\$/ano (Apêndice 8)

^B custos = 830,00 R\$/ano (Apêndice 8)

A discussão da Tabela 44 pode ser visualizada no item 6.9.5.

6.9.3. Cultura Anual

Nas áreas de cultura anual, tem-se rotação de culturas e adubação verde. O manejo agroecológico faz com que os nutrientes extraídos com a colheita sejam considerados como recursos renováveis, pois não ultrapassam a velocidade de manutenção natural. Os serviços ambientais foram considerados como serviços, pois a propriedade deixa de adquirir agrotóxicos devido aos serviços fornecidos pelas áreas de mata. O esterco também é considerado como material, pois é utilizado para aumentar a concentração de nitrogênio disponível no solo.

Tabela 45 – Avaliação Emergética da área de cultura anual do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Nota | Contribuição | Valor Numérico ^A | Unid./ha.ano | Transformidade [sej/Unid.] | Fluxo de Emergia [sej/ha.ano] x10 ¹³ | % do total de Y |
|--|-------------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------|---|-----------------|
| Recursos Naturais Renováveis (R): | | | | | | |
| 1 | sol | 1,52E+11 | J | 1 | 0,0152 | 0,00 |
| 2 | chuva | 6,25E+10 | J | 4,70E+04 | 294 | 20,55 |
| 3 | vento | 1,51E+10 | J | 2,45E+03 | 3,69 | 0,26 |
| 4 | nitrogênio | 2,49E+02 | kg | 7,73E+12 | 193 | 13,48 |
| 5 | fósforo | 3,62E+01 | kg | 2,99E+13 | 108 | 7,57 |
| 6 | potássio | 1,02E+02 | kg | 2,92E+12 | 29,8 | 2,09 |
| 7 | cálcio | 1,13E+01 | kg | 1,68E+12 | 1,90 | 0,13 |
| 8 | outros minerais | 2,23E+01 | kg | 1,71E+12 | 3,81 | 0,27 |
| 9 | serviços ambientais | 2,10E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 69,3 | 4,85 |
| Recursos Naturais Não Renováveis (N): | | | | | | |
| 10 | erosão do solo agrícola | 3,62E+10 | J | 7,40E+04 | 268 | 18,72 |
| Contribuição da Economia (M): | | | | | | |
| 11 | depreciação | 2,45E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 80,8 | 5,65 |
| 12 | combustível | 1,46E+08 | J | 1,11E+05 | 1,62 | 0,11 |
| 13 | Materiais | 1,55E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 5,12 | 0,36 |
| 14 | esterco | 1,07E+11 | J | 2,65E+04 | 283 | 19,81 |
| Contribuição da Economia (S): | | | | | | |
| 15 | mão de obra simples | 1,53E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 50,6 | 3,54 |
| 16 | mão de obra familiar | 8,06E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 26,6 | 1,86 |
| 17 | manutenção | 1,55E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 5,12 | 0,36 |
| 18 | impostos | 2,33E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 0,767 | 0,05 |
| 19 | serviços privados | 3,88E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 1,28 | 0,09 |
| 20 | telefone | 1,12E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 3,68 | 0,26 |
| Emergia Total (Y): | | | | | 1430 | 100 |

^A Os cálculos do Valor Numérico e a fonte das Transformidades utilizadas podem ser visualizadas no Apêndice 9.

Tabela 46– Energia total produzida pela área de cultura anual do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Produto | Produção ^A [kg/ano] | Valor Calórico do Produto ^B [kcal/kg] | Energia do Produto ^C [J/ha.ano] |
|---------------------------------|-----------------------------------|--|---|
| Milho | 2400 | 3500 | 8,18E+09 |
| Girassol | 710 | 4750 | 3,28E+09 |
| Feijão | 387 | 2620 | 9,87E+08 |
| Abóbora | 280 | 150 | 4,09E+07 |
| Mandioca | 2000 | 1330 | 2,59E+09 |
| Batata Doce | 500 | 1140 | 5,55E+08 |
| Arroz | 400 | 3620 | 1,41E+09 |
| Soja | 192 | 3630 | 6,78E+08 |
| Água | - | - | 8,65E+10 ^D |
| Energia total produzida: | | | 1,04E+11 |

^A Dado fornecido pelo proprietário.

^B O valor calórico dos produtos foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acessado em 20/05/2004.

^C energia [J/ha.ano] = produção [kg/ano]*valor calórico [kcal/kg]*4186 [J/kcal]*área da propriedade [ha]

^D Infiltração de água no solo = 20% de toda a chuva anual (ver item 5.6). Pluviosidade da região de 1250 mm/ano (3,72E+08 litros/ano em 4,3 ha). Assim, devido ao manejo correto do solo agrícola, a água infiltrada é de 7,44E+07litros/ano (7,44E+04 m³/ano).

Água = 74400 m³/ano*(1/área ha)*(1000kg/m³)* (5000J/kg)= 8,65E+10 J/ha.ano

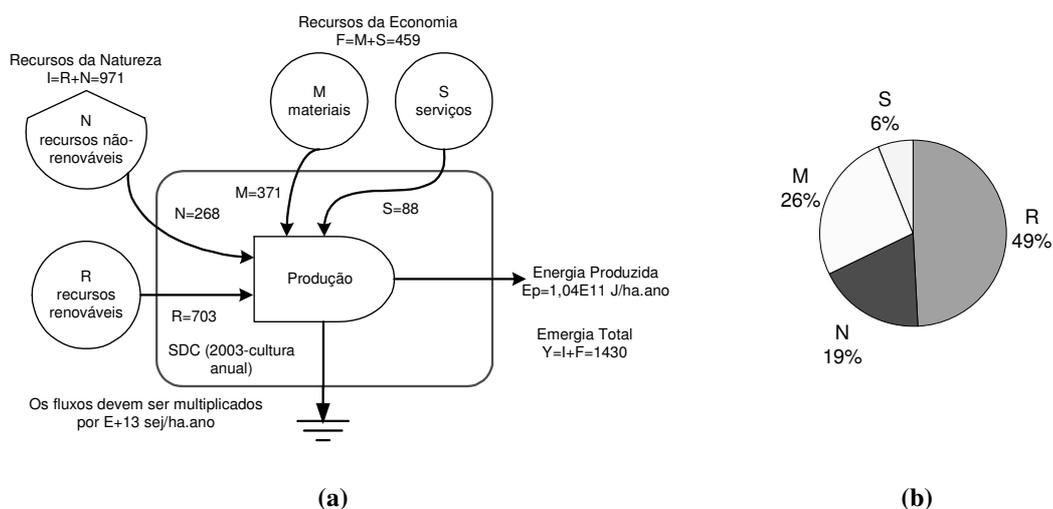


Figura 46 – Indicadores da área de cultura anual em 2003: (a) Diagrama de fluxo de energia agregado da área de cultura anual do Sítio Duas Cachoeiras em 2003; (b) Porcentagem dos fluxos energéticos de entrada em relação a energia total.

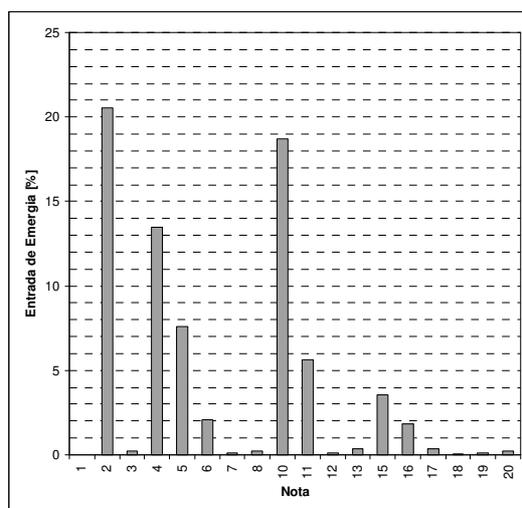


Figura 47 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada na área de cultura anual do Sítio Duas Cachoeiras em 2003. Cada Nota corresponde a uma contribuição ao sistema que pode ser visualizada na Tabela 45.

Tabela 47 – Índices emergéticos e rentabilidade econômica da área de cultura anual do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|--------------------------------|--------------------------------|--------|--------------|
| Transformidade do Sítio | $Tr = Y/Ep$ | 137166 | sej/J |
| Taxa de Rendimento | $EYR = Y/F$ | 3,12 | adimensional |
| Taxa de Investimento | $EIR = F/I$ | 0,47 | adimensional |
| Renovabilidade | $\%R = 100(R/Y)$ | 49,19 | % |
| Taxa de Intercâmbio Emergético | $EER = Y/receitas.emdólar^A$ | 7,84 | adimensional |
| Rentabilidade | $(receitas-custos)/(custos)^B$ | 1,38 | adimensional |

^A emdólar para o Brasil = 3,3E12 sej/US\$
receitas = 7.133,10 R\$/ano (Apêndice 9)

^B custos = 3.001,08 R\$/ano (Apêndice 9)

A discussão da Tabela 47 pode ser visualizada no item 6.9.5.

6.9.4. Pomar

Na área de pomar tem-se que a maioria da área (50%) é ocupada com laranjeiras. O restante é ocupado com mamão, manga, limão e caqui. As observações feitas para a área de cultura anual são as mesmas para o pomar.

Tabela 48 – Avaliação Emergética da área de pomar do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Nota | Contribuição | Valor Numérico ^A | Unid./ha.ano | Transformidade [sej/Unid.] | Fluxo de Energia [sej/ha.ano] x10 ¹³ | % do total de Y |
|--|-------------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------|---|-----------------|
| Recursos Naturais Renováveis (R): | | | | | | |
| 1 | sol | 1,52E+11 | J | 1 | 0,0152 | 0,00 |
| 2 | chuva | 6,25E+10 | J | 4,70E+04 | 294 | 5,25 |
| 3 | vento | 1,51E+10 | J | 2,45E+03 | 3,69 | 0,07 |
| 4 | nitrogênio | 1,60E+01 | kg | 7,73E+12 | 12,4 | 0,22 |
| 5 | fósforo | 1,10E+00 | kg | 2,99E+13 | 3,29 | 0,06 |
| 6 | potássio | 1,56E+01 | kg | 2,92E+12 | 4,56 | 0,08 |
| 7 | cálcio | 1,00E+00 | kg | 1,68E+12 | 0,168 | 0,00 |
| 8 | outros minerais | 1,10E+00 | kg | 1,71E+12 | 0,188 | 0,00 |
| 9 | serviços ambientais | 6,00E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 19,8 | 0,35 |
| Recursos Naturais Não Renováveis (N): | | | | | | |
| 10 | erosão do solo agrícola | 1,81E+09 | J | 7,40E+04 | 13,4 | 0,24 |
| Contribuição da Economia (M): | | | | | | |
| 11 | depreciação | 5,56E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 18,3 | 0,33 |
| 12 | combustível | 5,23E+08 | J | 1,11E+05 | 5,81 | 0,10 |
| 13 | materiais | 1,11E+02 | US\$ | 3,30E+12 | 36,7 | 0,66 |
| 14 | esterco | 3,49E+11 | J | 2,65E+04 | 923 | 16,49 |
| Contribuição da Economia (S): | | | | | | |
| 15 | mão de obra simples | 5,93E+03 | US\$ | 3,30E+12 | 1960 | 34,99 |
| 16 | mão de obra familiar | 5,93E+03 | US\$ | 3,30E+12 | 1960 | 34,99 |
| 17 | manutenção | 1,00E+03 | US\$ | 3,30E+12 | 330 | 5,90 |
| 18 | impostos | 5,56E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 1,83 | 0,03 |
| 19 | serviços privados | 5,56E+00 | US\$ | 3,30E+12 | 1,83 | 0,03 |
| 20 | telefone | 3,33E+01 | US\$ | 3,30E+12 | 11,0 | 0,20 |
| Energia Total (Y): | | | | | 5594 | 100 |

^A Os cálculos do Valor Numérico e a fonte das Transformidades utilizadas podem ser visualizadas no Apêndice 10.

Tabela 49– Energia total produzida pela área de pomar do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Produto | Produção ^A [kg/ano] | Valor Calórico do Produto ^B [kcal/kg] | Energia do Produto ^C [J/ha.ano] |
|---------------------------------|--------------------------------|--|--|
| Frutas | 3000 | 500 | 2,09E+10 |
| Água | - | - | 1,24E+12 ^D |
| Energia total produzida: | | | 1,26E+12 |

^A Dado fornecido pelo proprietário.

^B O valor calórico dos produtos foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acessado em 20/05/2004.

^C energia [J/ha.ano] = produção [kg/ano]*valor calórico [kcal/kg]*4186 [J/kcal]*área da propriedade [ha]

^D Infiltração de água no solo = 20% de toda a chuva anual (ver item 5.6). Pluviosidade da região de 1.250 mm/ano (3,72E+08 litros/ano em 0,3 ha). Assim, devido ao manejo correto do solo agrícola, a água infiltrada é de 7,44E+07litros/ano (7,44E+04 m³/ano).

Água = 7,44E+04 m³/ano*(1/área ha)*(1000kg/m³)* (5000J/kg)= 1,24E+10 J/ha.ano

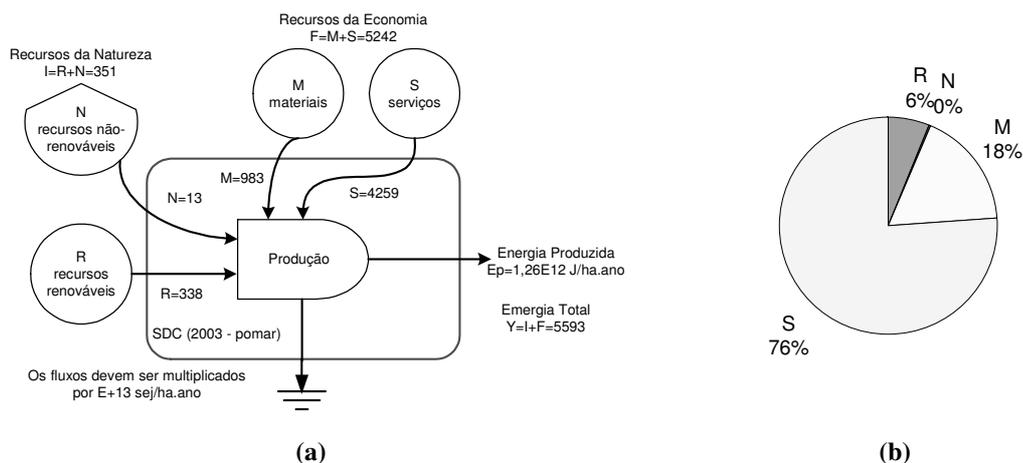


Figura 48 – Indicadores da área de pomar em 2003: (a) Diagrama de fluxo de energia agregado da área de pomar do Sítio Duas Cachoeiras em 2003; (b) Porcentagem dos fluxos energéticos de entrada em relação a energia total.

Tabela 50 – Índices energéticos e rentabilidade econômica da área de pomar do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Índice | Cálculo | Valor | Unidade |
|--------------------------------|--------------------------------|-------|--------------|
| Transformidade do Sítio | $Tr = Y/Ep$ | 44364 | sej/J |
| Taxa de Rendimento | $EYR = Y/F$ | 1,07 | adimensional |
| Taxa de Investimento | $EIR = F/I$ | 14,93 | adimensional |
| Renovabilidade | $\%R = 100(R/Y)$ | 6,04 | % |
| Taxa de Intercâmbio Energético | $EER = Y/receitas.emdólar^A$ | 7,26 | adimensional |
| Rentabilidade | $(receitas-custos)/(custos)^B$ | 1,14 | adimensional |

^A emdólar para o Brasil = 3,3E12 sej/US\$
receitas = 2.100,00 R\$/ano (Apêndice 10)

^B custos = 983,13 R\$/ano (Apêndice 10)

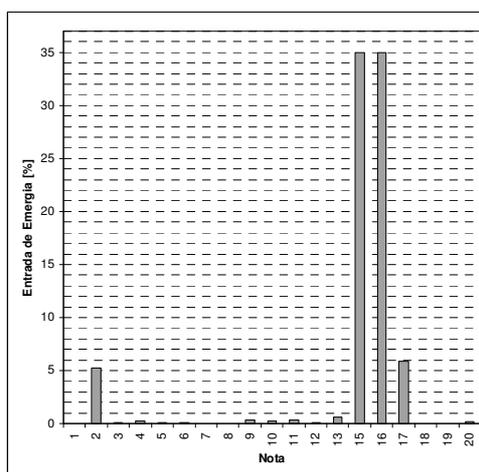


Figura 49 – Porcentagem de cada contribuição em relação ao total de energia utilizada na área de pomar do Sítio Duas Cachoeiras em 2003. Cada Nota corresponde a uma contribuição ao sistema que pode ser visualizada na Tabela 48.

A discussão da Tabela 50 pode ser visualizada no item 6.9.5.

6.9.5. Discussão dos Resultados das Análises Emergéticas Setoriais

A Tabela 51 abaixo, mostra os índices obtidos por cada setor calculado anteriormente:

Tabela 51 – Resultado dos índices emergéticos das análises setoriais do Sítio Duas Cachoeiras.

| Índice | Unidade | Pasto | Mata | Cultura Anual | Pomar |
|---------------|--------------|---------|--------|---------------|--------|
| Área | ha | 1,44 | 7,75 | 4,3 | 0,3 |
| Tr | sej/J | 252.641 | 25.282 | 137.166 | 44.364 |
| EYR | adimensional | 4,51 | 18,87 | 3,12 | 1,07 |
| EIR | adimensional | 0,28 | 0,06 | 0,47 | 14,93 |
| %R | % | 17,80 | 90,62 | 49,19 | 6,04 |
| EER | adimensional | 2,34 | 3,49 | 7,84 | 7,26 |
| Rentabilidade | adimensional | 2,97 | 6,98 | 1,38 | 1,14 |

O índice de transformidade indica que a área de mata possui melhor eficiência na transformação de energia, possuindo o valor de 25.282 sej/J. A área de pomar também mostrou ser bem eficiente (44.364 sej/J), porém 76% (Figura 48) do total de energia é derivada de serviços, enquanto que para a mata a maior contribuição é derivada dos recursos renováveis (91% - Figura 44). O pasto mostrou-se muito ineficiente, pois obteve o valor de 252.641 sej/J, onde 60% (Figura 42) do total da energia utilizada é derivada de recursos da natureza não-renováveis. Já a cultura anual mostrou um desempenho razoável (137.166 sej/J), pois a maior parte da energia provém dos recursos naturais renováveis (49% - Figura 46). Isso evidencia que ecossistemas naturais, aqui representados pelas áreas de mata, possuem grande eficiência comparada a produções com grande interferência humana (pasto), mesmo sendo manejado através de técnicas conservacionistas. O manejo adequado da cultura anual, através da incorporação de conceitos agroecológicos, faz com que seu desempenho também seja razoável.

A taxa de rendimento ($EYR=Y/F$) evidencia que a contribuição da natureza para a produção nas áreas de mata (95% - Figura 44) é elevada comparada ao pomar (6% - Figura 48), que obteve o pior desempenho. O pasto (4,51) obteve desempenho próximo à cultura anual (3,12), mostrando que a contribuição da natureza para ambos foram próximos, porém, é importante salientar que para a área de pasto, 60% de toda a energia utiliza provém de

recursos não renováveis (18% de recursos renováveis – Figura 42), enquanto para a área de cultura anual essa porcentagem cai para 19% (49% de recursos renováveis – Figura 46), e produz 57% mais energia. Na área de pomar deveria ser utilizada menor quantidade de energia provinda dos recursos da natureza (principalmente mão-de-obra e material para manutenção – ver Figura 49) e maior daquelas provinda dos recursos naturais renováveis (principalmente aumentando a produção através de maior número de plantas por m², mas continuando com manejo agroecológico e respeitando as condições agronômicas). Com tudo isso se pode dizer que a mata utiliza menos energia provinda da economia comparada às outras áreas. Em seguida vem a área de cultura anual, pasto e pomar.

A taxa de investimento ($EIR=F/I$) avalia a relação entre os recursos da economia e da natureza necessários na produção. O excelente valor obtido pelas áreas de mata evidencia que para cada unidade que entra no sistema de recursos providos da natureza, são necessárias 0,06 unidades de recursos da economia, dessa maneira, essas áreas possuem baixo custo de produção e podem ser mais competitivos (em uma economia de mercado ideal, sem subsídios e outras políticas que impedem o desenvolvimento sustentável). A área de pomar mostrou desempenho oposto (14,93), pois necessita de muitos recursos da economia (principalmente mão-de-obra e material para manutenção do pomar – ver Figura 49). As áreas de cultura anual e pasto mostraram desempenho razoável, mas é importante salientar que a área de cultura anual utilizou 19% (Figura 46) do total de energia de fonte natural não renovável (perda de solo), enquanto a área de pasto utilizou 60% (Figura 42) da mesma fonte (perda de solo). Assim, a área de pasto deveria diminuir a perda de solo através de técnicas de contenção mecânica (terraços) ou natural (faixas de vegetação) da água que escorre superficialmente.

A renovabilidade ($\%R=R/Y$) mostrou melhor desempenho para as áreas de mata (90%) e pior para o pomar (6%). Na área de pomar, a densidade de árvores deve aumentar e a mão-de-obra, assim como a utilização de matérias para manutenção devem diminuir, mas sempre respeitando as condições agronômicas da produção. A área de mata poderia obter melhor desempenho se a mão-de-obra fosse reduzida (ver Figura 45). A área de pasto obteve o valor de 18%, podendo ser melhorada através da redução da perda de solo e da mão-de-obra, pois juntas são responsáveis por aproximadamente 71% de toda a energia utilizada (ver Figura 43).

Em relação à taxa de intercâmbio (EER), devido a forças do mercado que tende a diminuir o preço dos produtos rurais, todas as opções dão mais energia ao consumidor do que ao sistema produtor. Quanto mais próximo da unidade (ou menor) melhor será o desempenho desse índice. De acordo com a Tabela 51, o índice mostra que a área de pasto obteve melhor desempenho (2,34), seguido pela mata (3,49), pomar (7,26) e cultura anual (7,84). Para melhorar esse índice, os setores analisados deveriam melhorar a eficiência na transformação de energia e agregar valor aos seus produtos, através de certificação e vender em lojas ou feiras em que se obtenha melhor valor de venda.

O índice econômico (rentabilidade) indica que a área de mata obtém maior retorno econômico pelo dinheiro investido. Para cada unidade investida nessa área, são obtidas 7,98 unidades de retorno bruto, pois os únicos investimentos nessa área são a mão-de-obra e a depreciação das instalações (casa das ervas para trabalhar com o mel e a própolis). As outras áreas também tiveram lucro, porém bem menores. A área de pasto obteve 2,97 de rentabilidade, indicando que está tendo muitos custos e pouca renda. Para a cultura anual e para o pomar, os custos com serviços devem ser reduzidos e deve ser agregado valor (geléias, doces, compotas, certificação, etc.) aos produtos para aumentar as receitas.

6.10. SISTEMA AGROECOLÓGICO COMO PRODUTOR DE ÁGUA

A água é um componente fundamental de todos os sistemas agrícolas. Além de seu papel fisiológico, a água influencia os ganhos e perdas de nutrientes do sistema por meio de lixiviação e erosão. A água entra no ecossistema sob a forma de precipitação, escoamento superficial de áreas vizinhas, transpiração, escoamento e drenagem, quando ultrapassa a profundidade efetiva dos sistemas radiculares das plantas. As unidades rurais possuem muita importância como produtora de água através do manejo adotado, que afeta a infiltração da água precipitada no solo até os lençóis subterrâneos. Essa infiltração depende das condições do solo, da vegetação e das práticas agrícolas (Figura 50).

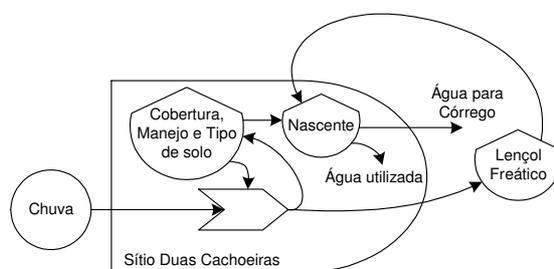


Figura 50 – Interação entre chuva e cobertura vegetal para aumentar o volume de água nos lençóis freáticos.

A água infiltrada irá aumentar o volume dos lençóis freáticos, e, através da cobertura vegetal mais densa (matas e florestas), essa água irá abastecer com qualidade e quantidade toda a bacia hidrográfica durante o ano. A Tabela 52 mostra a quantidade de água da chuva que é infiltrada no solo do Sítio Duas Cachoeiras.

Na Tabela 52 tem-se que o Sítio Duas Cachoeiras, através de sua cobertura vegetal e utilização de técnicas agroecológicas, consegue infiltrar 74,2 milhões de litros de água por ano. Isso demonstra a grande capacidade de sistemas agroecológicos produzirem água com elevada qualidade e quantidade.

De acordo com a Lei nº. 9984/2000, que abre a possibilidade de cobrança de água nas bacias dos rios federais, ficou estabelecido o pagamento de R\$0,01/m³ de água utilizada no meio rural para a bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Assim, o Sítio Duas Cachoeiras deveria receber do governo a quantia de R\$ 742,00/ano por produzir água.

Tabela 52 – Quantidade de água de chuva infiltrada no solo do Sítio Duas Cachoeiras.

| Uso do Solo | Área [ha] | Volume Captado [milhões l/ano] ^A | Infiltração [%] ^B | Infiltração [milhões litros/ano] | Dinheiro a ser recebido ^C [US\$/ano] |
|---------------|--------------|---|------------------------------|----------------------------------|---|
| Pasto sujo | 6,23 | 77,9 | 20 | 15,6 | 1109,13 |
| Capineira | 2,90 | 36,3 | 20 | 7,25 | 516,29 |
| Capoeira | 3,96 | 49,5 | 20 | 9,90 | 705,00 |
| Construção | 0,25 | 3,13 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Cultura anual | 4,30 | 53,8 | 20 | 10,8 | 765,53 |
| Estrada | 1,42 | 17,8 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Estufa | 0,05 | 0,625 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Gramado | 0,87 | 10,9 | 5 | 0,544 | 38,72 |
| Lago | 0,16 | 2,00 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Laranja | 0,04 | 0,50 | 5 | 0,025 | 1,78 |
| Mata | 2,01 | 25,1 | 30 | 7,54 | 536,76 |
| Mata Ciliar | 1,91 | 23,9 | 30 | 7,16 | 510,06 |
| Mata Mista | 3,83 | 47,9 | 30 | 14,4 | 1022,78 |
| Pasto Limpo | 1,44 | 18,0 | 2 | 0,36 | 25,64 |
| Pinheiros | 0,05 | 0,625 | 5 | 0,031 | 2,23 |
| Pomar | 0,30 | 3,75 | 20 | 0,75 | 53,41 |
| Total: | 29,72 | 372 | | 74,2 | 5290 |

^A A pluviosidade da região utilizada nesse cálculo foi de 1250 mm/ano (CEPTEC, 2004).

^B Dados estimados a partir de diferentes trabalhos (Gicheru et al., 2004; Souza e Alves, 2003; Centurion et al., 2001; Cavenage et al., 1999; Lima, 1996).

^C Valor a ser recebido pelo Sítio Duas Cachoeiras por produzir água. O cálculo pode ser visualizado pelas equações 5, 6 e 7.

Por outro lado, de acordo com a metodologia emergética, o valor a ser recebido pelo sítio por produzir água é calculado da seguinte maneira:

$$74,2 \cdot 10^6 \left(\frac{l}{ano} \right) \frac{1}{1000} \left(\frac{m^3}{l} \right) 1000 \left(\frac{kg}{m^3} \right) 5000 \left(\frac{J}{kg} \right) = 3,71 \cdot 10^{11} \left(\frac{J}{ano} \right) \quad (5)$$

$$3,71 \cdot 10^{11} \left(\frac{J}{ano} \right) 4,7 \cdot 10^4 \left(\frac{sej}{J} \right) = 1,74 \cdot 10^{16} \left(\frac{sej}{ano} \right) \quad (6)$$

$$1,74 \cdot 10^{16} \left(\frac{sej}{ano} \right) \frac{1}{3,3 \cdot 10^{12}} \left(\frac{US\$}{sej} \right) = 5.290,00 \left(\frac{US\$}{ano} \right) \quad \text{ou} \quad 15.870,00 \left(\frac{R\$}{ano} \right) \quad (7)$$

Onde: transformidade da chuva = $4,7 \cdot 10^4$ (sej/J) fonte: Odum (2000)
 emdólar para o Brasil em 2003 = $3,3 \cdot 10^{12}$ (sej/US\$)
 US\$ 1,00 = R\$ 3,00

Assim, o valor a ser recebido pelo sítio seria de R\$15.870,00/ano, 22 vezes maior que o calculado considerando R\$ 0,01/m³.

Considerando que uma pessoa necessita de 100 litros/dia (36.500 litros/ano), e, considerando que apenas 50% da água infiltrada no solo do sítio está disponível (os outros 50% exigem muita energia para serem retirados do solo), só o Sítio Duas Cachoeiras é

responsável pelo fornecimento de água para aproximadamente 1000 pessoas, que compreendem 1,5% do total da população do Município de Amparo (65.333 pessoas).

O código florestal (Ibama, 2004), diz que para o estado de São Paulo 20% de qualquer propriedade agrícola deve ser de reserva permanente⁷. De acordo com a lei, se levarmos em consideração a área total do Município de Amparo de 446 km² (zona urbana e zona rural), a infiltração de água chegaria a 33 bilhões de litros por ano, abastecendo 916 mil pessoas. Mas é importante que essas áreas estejam localizadas a montante das micro-bacias, para garantir qualidade e proteção aos cursos naturais.

A Figura 51 mostra a relação entre o manejo adequado do solo e capacidade de infiltração de água. Percebe-se a grande importância em manejar de forma sustentável o solo agrícola para a produção de água. Assim, tem-se que conscientizar os produtores rurais, através de educação ambiental (promovida por cursos municipais, cursos oferecidos pelos gestores da bacia hidrográfica em que a propriedade em questão está inserida, por instituições sem fins lucrativos, por instituições públicas, etc.), da importância que sua propriedade agrícola exerce sobre a produção de água na bacia hidrográfica. Além disso, deveriam ser realizadas políticas públicas de conservação do solo a montante das bacias hidrográficas, onde nessa área somente poderiam existir propriedades que trabalham com o conceito de agroecologia, que não utilizam agrotóxicos e fertilizantes, possuem grande área de mata e utilizam técnicas conservacionistas do solo, aumentando assim a qualidade e a quantidade de água produzida. Dessa maneira, o abastecimento de água não seria prejudicado e seria economizado dinheiro no tratamento, assim como outros gastos com doenças decorrentes de sua qualidade.

⁷ Área protegida nos termos dos artigos 2º e 3º da Lei 4771/65 (Código Florestal), coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

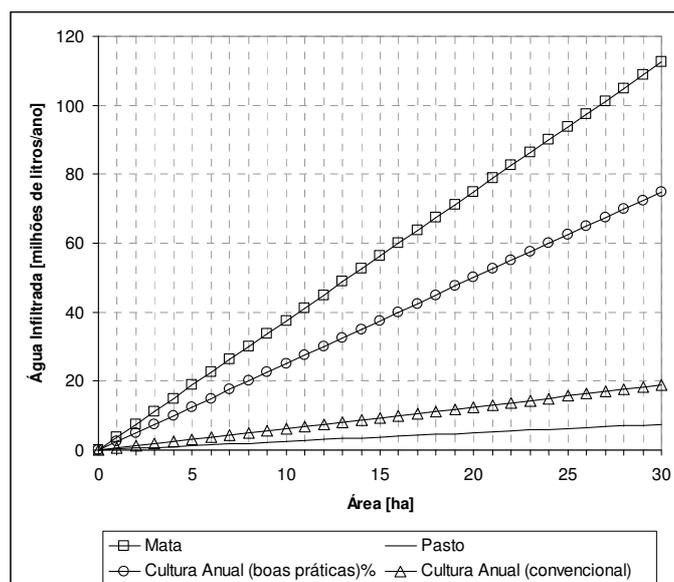


Figura 51 – Simulação entre o manejo do solo e a quantidade de água da chuva infiltrada. Pluviosidade de 1250 mm/ano (CEPTEC, 2004). Mata = 30% de infiltração; Pasto = 2% de infiltração; Cultura Anual (boas práticas) = 20% de infiltração; Cultura Anual (convencional) = 5% de infiltração. Porcentagens de infiltração estimadas através de diferentes trabalhos (Gicheru et al., 2004; Souza e Alves, 2003; Centurion et al., 2001; Cavenage et al., 1999; Lima, 1996).

Entre os grandes problemas enfrentados pelo Sítio Duas Cachoeiras, estão os impactos negativos recebidos das propriedades vizinhas, que estão localizadas em uma região fortemente ondulada, aumentando os riscos de erosão, sedimentação do córrego, queimadas e contaminação de água subterrânea com agroquímicos (Figura 52).

O ponto 1 mostrado na Figura 52 mostra o impacto negativo de uma propriedade vizinha, cujo proprietário optou erroneamente em utilizar sua área total com pasto. Essa área possui alta declividade, mesmo assim, foi derrubada toda a mata que cobria o solo através de um trator de esteira, e agora, este local está sendo utilizado como pasto (Figura 53). O solo permanece exposto à erosão, pois nem terraços foram construídos para minimizar o escoamento superficial. Assim, toda área mais baixa, onde se tem o córrego do Mosquito que separa o Sítio Duas Cachoeiras dessa propriedade, estão recebendo grande carga de sedimentos, levando à diminuição do canal do córrego e os problemas ambientais decorrentes desse ato.

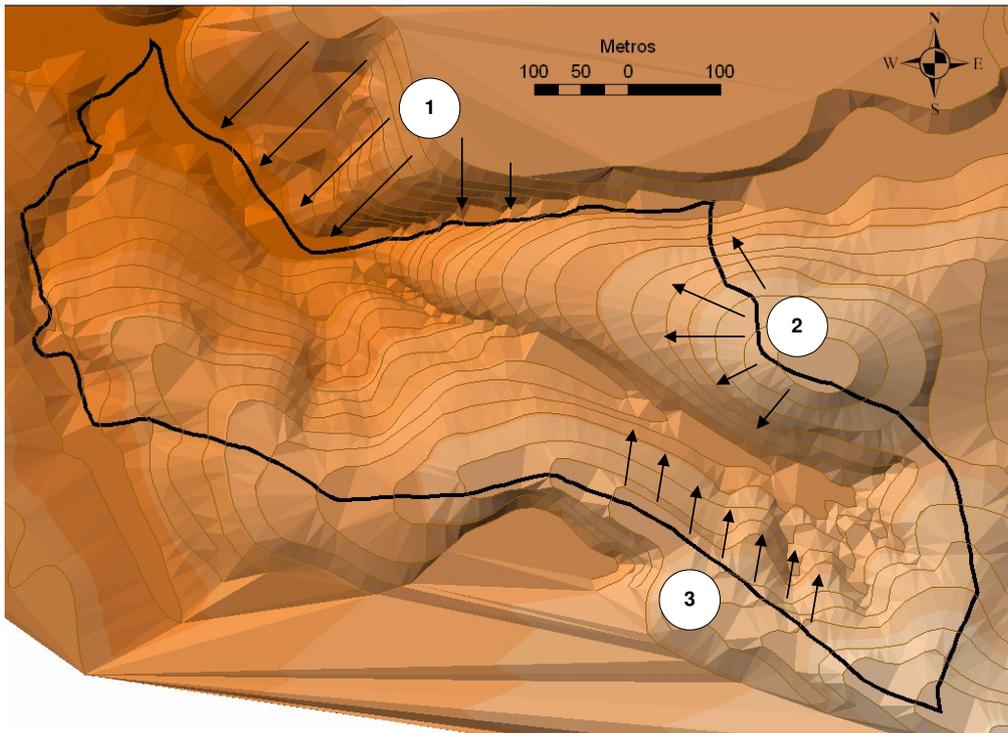


Figura 52 – Imagem tridimensional da micro-bacia onde está localizado o Sítio Duas Cachoeiras. Os pontos 1, 2 e 3, representam os impactos negativos recebidos pelo sítio. Observação: as áreas da figura que estão fora da propriedade e que não contém curvas de nível devem ser desconsideradas, pois o software (ArcGIS) não calculou essas áreas devido à falta de informações.



Figura 53 – Externalidade negativa. Ponto 1 da Figura 52.

Em 2003, essa mesma propriedade iniciou uma queimada antes de passar o trator de esteira para plantar o pasto. O fogo fugiu do controle e invadiu o Sítio Duas Cachoeiras, onde foram queimados aproximadamente 14ha da propriedade que continha um início de trabalho de agrofloresta, capineira para o gado, cultura anual e pasto sujo.

No ponto 2, tem-se uma propriedade que está produzindo tomate estaqueado de maneira convencional, ou seja, utiliza grande quantidade de agroquímicos (Figura 54). Esses “venenos ambientais” infiltram no solo e também escorrem superficialmente com auxílio da água das chuvas, contaminando o lençol freático presente na região.



Figura 54 – Externalidade negativa. Ponto 2 da Figura 52.

O ponto 3 apresenta problemas relacionados à estrada municipal vicinal, onde não foi adotada nenhuma técnica de conservação, a fim de dissipar a energia das águas da chuva. Essas técnicas servem para diminuir o volume de água que desce na estrada e sua velocidade, infiltrando a água no solo e reduzindo a erosão. Esse trabalho deve ser realizado pela prefeitura municipal, que gerencia as estradas vicinais, evitando que a água decorrente das fortes chuvas de verão desça em grande velocidade e quantidade pelas estradas até entrarem no Sítio Duas Cachoeiras. Grande quantidade de sedimentos, pedras e sujeiras vêm com a água, que também afeta a perda de solo, perda da produção, assoreando a nascente e o córrego que passa na propriedade (Figura 55).



Figura 55 – Externalidade negativa. Ponto 3 da Figura 52.

Todos esses impactos devem ser diagnosticados para depois serem tomadas as medidas necessárias, seja através de multas ambientais, mudança no modelo de produção e adoção de técnicas conservacionistas na zona rural (produção agrícola e estradas vicinais). Mesmo com todos esses impactos externos, o Sítio Duas Cachoeiras continua produzindo normalmente, evidenciando segundo Altieri (2002), a grande sustentabilidade e estabilidade de sistemas agroecológicos.

7. CONCLUSÕES

Levando-se em conta os métodos e técnicas utilizadas no presente trabalho e com base nos resultados obtidos, são possíveis algumas conclusões e sugestões:

(A) Propriedades agrícolas familiares que não adotam conceitos agroecológicos são fortemente dependentes de recursos da economia. Neste trabalho, enquanto o Sítio Duas Cachoeiras (agroecológico) utilizou apenas 8% do total de energia com recursos da economia, o Sítio Santa Helena (convencional) utilizou 39% e o Sítio Três Lagos (convencional) utilizou 13%;

(B) Propriedades agrícolas familiares que adotam conceitos agroecológicos são eficientes na transformação de energia. O Sítio Duas Cachoeiras obteve transformidade ecossistêmica de 280.863 sej/J, enquanto o Sítio Três Lagos obteve 2.318.495 sej/J e o Sítio Santa Helena obteve 855.094 sej/J;

(C) A falta de informações com qualidade sobre o manejo correto do solo resulta em grande perda por erosão em propriedades familiares que trabalham convencionalmente. O maior problema constatado na análise das propriedades estudadas é a perda de solo. Essa perda, que ocorre também em sistemas naturais, é altamente influenciada pelo manejo incorreto do solo agrícola. Assim, deve ser realizado um trabalho de extensão rural mais forte com o intuito de ensinar técnicas conservacionistas de manejo aos pequenos proprietários, esclarecendo as causas e conseqüências da perda do solo;

(D) Propriedades agrícolas familiares que adotam conceitos agroecológicos são altamente sustentáveis. Enquanto o Sítio Duas Cachoeiras (agroecológico) obteve 75% de renovabilidade, as duas outras propriedades convencionais tiveram apenas 26% aproximadamente. Essa diferença irá refletir-se em alguns anos, quando os solos das propriedades insustentáveis ficarem pobres em nutrientes e matéria orgânica, e o custo de fertilizantes estará muito alto, devido à escassez do petróleo, impedindo sua aquisição;

(E) Fica evidente a necessidade da realização de estudos sobre externalidades na mesma linha desenvolvida por Pretty et al. (2000 e 2001) para o Brasil. Dessa forma, o valor da externalidade negativa poderá ser utilizado como subsídio para a elaboração de políticas públicas que passarão a cobrar em forma de multas, das propriedades que prejudicam o meio ambiente. Isso fará com que os causadores de danos ambientais utilizem

algumas práticas sustentáveis em sua propriedade, ou mudem totalmente de sistema de produção (do convencional ao alternativo – orgânico, permacultura, biodinâmico, etc.) através de boa perspectiva financeira;

(F) Em relação à oferta de emprego, neste trabalho não ficou evidente qual sistema possui maior relação trabalhadores por hectare, pois são unidades familiares e, portanto, a utilização de mão-de-obra familiar mascara os índices sociais. O Sítio Santa Helena obteve melhor performance para esse índice (0,26 trabalhadores/ha), porém todos são da família, não evidenciando a real necessidade desse número de mão-de-obra, já que é costume das pessoas que moram em zonas rurais permanecerem trabalhando em suas propriedades, mesmo que não seja necessário. A única comparação possível pode ser feita entre o Sítio Duas Cachoeiras (0,17 trabalhadores/ha) e o Sítio Três Lagos (0,12 trabalhadores/ha), pois em ambas as propriedades encontram-se trabalhadores contratados. O índice obtido foi aproximadamente o mesmo para ambos, evidenciando que para pequenas propriedades familiares que utilizam conceitos agroecológicos, a necessidade de mão-de-obra é a mesma quando comparada a pequenas propriedades patronais convencionais;

(G) A mudança de sistema convencional para sistema agroecológico, em pequenas propriedades, é possível e viável. Através do estudo do Sítio Duas Cachoeiras nos anos de 1980, 1990 e 2003, todos os índices (energéticos e econômico) tiveram melhor desempenho;

(H) Pequenas propriedades familiares que utilizam conceitos agroecológicos, preocupam-se com o manejo do solo, sempre utilizando-o de maneira adequada para garantir a sustentabilidade. Através do acompanhamento sobre o uso do solo do Sítio Duas Cachoeiras nos anos de 1980, 1990 e 2003, tem-se que as áreas de mata (capoeira, mata ciliar, mata e mata secundária) cresceram de 1,52 ha em 1980 para 4,4 ha em 1990 e 11,7 ha em 2003. Esse sistema não explora a natureza, mas coexiste com ela. As áreas de mata são consideradas parte da produção agrícola, pois servem como abrigo para inimigos naturais, não havendo necessidade da utilização de agroquímicos;

(I) A ocupação de parte da área de pequenas propriedades agrícolas com mata, não reduz a rentabilidade econômica. Com o estudo nos anos de 1980, 1990 e 2003 do Sítio Duas Cachoeiras, percebeu-se que as áreas de mata cresceram, e desmistificando o que muitas pessoas insistem em acreditar, a rentabilidade do sítio cresceu ao longo dos anos

(0,01 em 1980 para 0,15 em 1990 e 1,93 em 2003). É importante salientar que no sítio, além de produção agrícola orgânica, tem-se um tear para realizar trabalhos com a lã retirada das ovelhas e, também, são realizados trabalhos com ensino, aumentando a receita do sítio;

(J) Pequenas propriedades familiares que utilizam conceitos agroecológicos possuem grande capacidade de infiltrar água da chuva. Com o manejo adequado do solo (de acordo com a adequabilidade, utilização de terraços, plantação em curvas de nível, rotação de culturas, cobertura morta, sistemas agroflorestais, etc.), a água da chuva infiltra mais facilmente, aumentando a quantidade e qualidade de água durante todo o ano (pois sistemas agroecológicos não utilizam agroquímicos);

(K) Devem-se elaborar políticas públicas para que, em áreas de nascentes (montante das microbacias), seja autorizada apenas a produção agrícola através de conceitos agroecológicos, garantindo a produção de água com qualidade e quantidade suficientes para abastecer as vilas ou cidades que estão inseridas na bacia hidrográfica;

(L) A metodologia emergética também é muito útil para gerenciamento “in situ”. Em relação às análises emergéticas setoriais, a área de mata apresentou melhor performance na maioria dos índices, porém a mata não fornece todos os alimentos que o homem necessita. A área de cultura anual obteve 49% de renovabilidade, evidenciando o manejo sustentável dessa área. A área de pomar e pasto tiveram renovabilidade baixa (6 e 17% respectivamente), devendo diminuir a utilização recursos da economia;

(M) As pessoas que trabalham com agricultura sustentável, devem caminhar junto com aqueles que desenvolvem tecnologias (indústrias e pesquisadores), para incentivar a produção de máquinas ou equipamentos simples com a função de auxiliar nos trabalhos mais árduos das pequenas propriedades;

(N) A utilização da análise emergética simultaneamente com sistemas de informações geo-referenciadas (análise emergética “espacial”), mostrou ser uma excelente ferramenta para diagnosticar e propor melhorias em propriedades agrícolas;

(O) Para a obtenção de resultados mais amplos e propostas que possam abranger sistemas maiores, é importante que o exemplo deste estudo desenvolvido para pequenas propriedades, seja aplicado também em bacias hidrográficas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altieri, M.; Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre. Editora Universidade. UFRGS. 2ª edição. 2000.

Altieri, M.; Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária. 2002.

Assis, R.L. de.; Romeiro, A.R.; Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. In: Desenvolvimento e Meio Ambiente: Caminhos da agricultura ecológica. Curitiba, PR. Editora UFPR, n. 6. 2002.

Assis, R.L. de.; Agroecologia no Brasil: análise no processo de difusão e perspectivas. Tese de Doutorado. Instituto de Economia. 2002.

Azevedo, E. C de; Mangabeira, J.A. de C.; Miranda, J.R.; Análise da sustentabilidade das atividades agrícolas: uma contribuição dos sistemas de informações geográficas na gestão ambiental e no desenvolvimento sustentado. In: Congresso Brasileiro de Administração Rural, 4., 2001, Goiás. Lavras: ABAR. 2001.

Barros Silva, A. de.; Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos. Campinas, SP: Editora da UNICAMP. 1999.

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F.; Conservação do solo. São Paulo: Ícone. 4ª edição. 1999.

Brown, M.T.; Folio #3: Emery of ecosystems. Handbook of Emery Evaluation: A compendium of data for emery computation issued in a series of folios. Gainesville, F.I., Center for Environmental Policy, University of Florida. 2001.

Carrieri, A.P.; Filho, G.S.B.; Diagnóstico e descrição dos sistemas de produção da microbacia do Espreado, Ribeirão Preto. Informações econômicas, SP. v.24, n.11, nov, 1994.

Carta Maior. 2004. <http://agenciartamaior.uol.com.br/riomaisdez/>. Acessado em 30/06/2004.

Cavallet, O.; Análise emergética da piscicultura integrada à criação de suínos e de pesque-pagues. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP. 2004

Cavenage, A.; Moraes, M.L.T.; Alves, M.C.A.; Carvalho, M.A.C.; Freitas, M.L.M.; Buzetti, S.; Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho escuro, sob diferentes culturas. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v.23, n.º.4, p.997-1003. 1999.

Centurion, J.F.; Cardoso, J.P.; Natale, W.; Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.5, n.º.2, p.254-258. 2001.

Comar, M.V.; Avaliação emergética de projetos agrícolas e agro-industriais no Alto Rio Pardo: a busca do Desenvolvimento Sustentável. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia de Alimentos. UNICAMP, 1998.

Comar, M.V.; Emery Evaluation of Organic and Conventional Horticultural production in Botucatu, SP. Proceedings of First biennial emery analysis research conference, Gainesville, Florida, September, 1999.

Coutinho, A.C.; Monitoramento orbital de impactos locais e regionais sobre a vegetação. In: Avaliação e contabilização de impactos ambientais. Romeiro, A.R. (organizador). Campinas, SP: Editora da UNICAMP, São Paulo, SP: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. 2004.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Acessado em 29/06/2004. www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_as.shtml

Ecoagri - Diagnóstico ambiental da agricultura no estado de São Paulo: Bases para um desenvolvimento Rural Sustentável. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2002. Projeto Temático. <http://ecoagri.cnptia.embrapa.br/>. Acessado em 08/12/2004.

Ehlers, E.; Agricultura sustentável – Origens e Perspectivas de um Novo Paradigma. Ed. Livros da Terra. São Paulo. 1996.

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solo. Rio de Janeiro. 412p. 1999.

Fadini, A.A.B.; Impactos do uso das terras na bacia hidrográfica do Rio Jundiá (SP). Tese de Mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP – Campus Rio Claro. 1998.

Fagnani, M.A.; A Questão Ecológica na Formação do Engenheiro Agrícola. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação – UNICAMP. 1997.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Acessado em 17/12/2004. www.fao.org.

Filho, V.M.; Donzeli, P.L.; Pinto, S.A.F.; Lombardi Neto, F.; Monitoramento da dinâmica do uso agrícola e vegetação natural em microbacias hidrográficas através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Rio de Janeiro. Anais-Rio de Janeiro: SBCS, 1997.

Folha de São Paulo. <http://www1.folha.uol.com.br/folha/reuters/ult112u20911.shtml>. Acessado em 30/06/2004.

Gabriels, D.; Ghekiere, G.; Schiettecatte, W.; Rottiers, I.; Assessment of USLE cover-management C-factors for 40 crop rotation systems on arable farms in the Kemmelbeek watershed, Belgium. *Soil & Tillage Research*. 74: 47-53. 2003.

Gicheru, P.; Gachene, C.; Mbuvi, J.; Mare, E. ; Effects of soil management practices and tillage systems on surface soil water conservation and formation on a sandy loam in semi-arid Kenya. *Soil & Tillage Research*. 75: 173-184. 2004.

Guerra, A.J.T.; Silva, A.S. da; Botelho, R.G.M.; Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1999.

Haberkorn, T.H.; Uso combinado de sistemas de informação geográfica e análise emergética no planejamento de bacias hidrográficas. In: Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável. Enrique Ortega (organizador). Capítulo 22. <http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/index.htm>. Acessado em 14/08/2003.

Hickey, R.; Slope angle and slope length solutions for GIS. *Cartography* 29:1-8. 2000.

Huang, S.L.; Urban ecosystems, energetic hierarchies, and ecological economics of Taipei metropolis. *Journal of Environmental Manage.* 52: 39 – 51. 1998a.

Huang, S.L.; Ecological energetic, hierarchy, and urban form: a system modelling approach to the evolution of urban zonation. *Environmental Planning*. 25: 391-410. 1998b.

Huang, S.L.; Lai, H.Y.; Lee, C.L.; Energy hierarchy and urban landscape system. *Landscape and Urban Planning*. 53: 145-161. 2001.

Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Acessado em 14/12/2004. www.ibama.gov.br.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acessado em 08/12/2004. www.ibge.gov.br.

IEA – Instituto de Economia Agrícola - <http://www.iea.sp.gov.br>. Acessado em 15/12/2004.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index>. Acessado em 08/12/2004.

Lal, R.; Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*. 12: 519-539. 2001.

Lanzotti, C.R.; Ortega, E.; Guerra, S.M.; Emergy Analysis and Trends for Ethanol Production in Brazil. In: First biennial emergy analysis research conference, Gainesville, Florida. 2000.

Lemos, R.C.; Santos, R.D.; Manual de descrição e coleta de solos no campo. 3ª. edição. Campinas: SBCS/Embrapa – CNPS, 83p. 1996.

Lima, W. de P.; Impacto ambiental do eucalipto. 2ª edição. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 1996.

Lombardi Neto, F.; Drugowich, M. I.; Manual técnico de manejo e conservação de solo e água. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. v. 2. 1994.

Lu, D.; Li, G.; Valladares, G.S.; Batistella, M.; Mapping soil erosion risk in Rondônia, Brazilian amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS. Land Degradation & Development. 15:499-512. 2004.

LUPA – Levantamento das unidades de produção agropecuária. Acessado em 08/12/2004. <http://www.cati.sp.gov.br/novacati/index.php>.

Mangabeira, J.A. de C.; Tipificação de produtores rurais apoiada em imagens de alta resolução espacial, geoprocessamento e estatística multivariada: uma proposta metodológica. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP - SP. 2002.

Maia, A.G.; Valoração de Recursos Ambientais. Tese de Mestrado. Instituto de Economia - UNICAMP. 2002.

Marques, J.F.; Skorupa, L.A.; Ferraz, J.M.G.; Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. Jaguariúna – SP. Embrapa Meio Ambiente. 2003.

May, P.H.; Serôa da Motta, R.; Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável. Editora Campus Ltda. 1994.

Meadows, D.H.; Meadows, D.L.; Randers, J.; Behrens III, W.W.; The Limits to Growth – A report for the club of Rome’s project on the predicament of mankind. Universe Books, New York. 2ª. edição. 1972.

Meadows, D.H.; Meadows, D.L.; Randers, J.; Behrens III, W.W.; Limites do Crescimento. Editora Perspectiva. 2ª edição. 1978.

Odum, H.T.; Environmental Accouting: Emergy and Environmental Decision Making. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA. 1996.

Odum, H.T.; Brown, M.T.; Brandt-Williams, S.; Introduction and global budget, Folio #1. In: Handbook of emergy evaluation. Gainesville, Center for Environmental Policy. Environmental Engineering Sciences. Univ. of Florida. 16p. 2000a.

Odum, H.T.; Emergy of global processes. Folio #2. In: Handbook of emergy evaluation. Gainesville, Center for Environmental Policy. Environmental Engineering Sciences. Univ. of Florida. 30p. 2000b.

Odum, H.T.; An Energy Hierarchy Law for Biogeochemical Cycles. In: Emergy Synthesis, ed. By M.T. Bown, Gainesville: Center for Environmental Policy. Univ. of Florida. Pág.235-247. 2001.

Ortega, E.; Contabilidade Ambiental e Econômica de Projetos Agroindustriais. Conference at XVI Brazilian Food Science and Technology Congress, Rio de Janeiro-RJ. July 16, 98. <http://www.unicamp.br/fea/ortega/sbcta98/sld001.htm>. Acessado em 13/08/2003. 1998.

Ortega, E.; Contabilidade e Diagnóstico dos Sistemas Usando os Valores dos Recursos Expressos em Emergia. <http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf>. Acessado em 17/08/2003. 2002.

Ortega, E.; Anami, M.; Diniz, G.; Certification of food products using emergy analysis. In: Proceedings of III International Workshop Advances in Energy Studies: reconsidering the importance of energy. September, 24-28, Porto Venere, Italy, p. 227-237. 2002.

Ortega, E.; Ometto, A.R.; Ramos, P.A.R.; Anami, M.H.; Lombardi, G.; Coelho, O.F.; Emergy Comparison of Etanol Production in Brazil: Tradicional Versus Small Distillery UIT Food and Electricity Production. In: Second Biennial Emergy Analysis Research Conference, Gainesville, Florida. 2003.

Ortega, E.; Soldera, F.D.; A certificação de sistema e produtos rurais usando emergia: Estudo de caso – Análise do Sítio Duas Cachoeiras. I Seminário Internacional Sobre Manejo na Agricultura Orgânica para Sustentabilidade. Embrapa Meio Ambiente, 22-28 de junho de 2003. <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/estudios-energeticos.htm>. Acessado em 30/10/2003.

Ortega, E.; A soja no Brasil: Modelos de produção, custos, lucros, externalidades, sustentabilidade e políticas públicas. Kerstin Lanje (Organizadora): Soja – so nein!? Handlungsperspektiven für einen nachhaltigen Sojahandel? Rehbürg-Loccum, 1. Auflage, pág. 345-352. ISBN 3-8172-6702-9. 2004.

Our Common Future. The World Commission on Environment and Development. Oxford, New York. Oxford University Press. 1987.

Pretty, J.N.; Brett, C.; Gee, D.; Hine, R.E.; Mason, C.F.; Morison, J.I.L.; Raven, H.; Rayment, M.D.; van der Bijl, G; An assessment of the total external costs of UK agriculture. ELSEVIER - Agricultural Systems. 2000.

Pretty, J.N.; Brett, C.; Gee, D.; Hine, R.E.; Mason, C.F.; Morison, J.I.L.; Rayment, M.D.; van der Bijl, G; Dobbs, T.; Policy and Practice: Policy Challenges and Priorities for

Internalizing the Externalities of Modern Agriculture. *Journal of Environmental Planning and Management*, 44(2), 263-283. 2001

Renard, K.G.; Laflen, J.M.; Foster, G.R.; McCool, D.K.; The revised universal soil loss equation. In: Lal, R. (Ed.). *Soil Erosion: Research Methods*. Soil and Water Conservation Society, Ankey, IA and St. Lucie Press, Delray Beach, FL. Capítulo 5. 1994.

Resende, M.; Almeida, J. R. de.; Modelos de predição de perda de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. *Inf. Agropecuário*. Belo Horizonte, 11 (128). Agosto de 1985.

Rocha, J.V.; Sistema de informações geográficas no contexto do planejamento integrado de bacias hidrográficas. In: *Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável*. Enrique Ortega (organizador). Capítulo 20. <http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/index.htm>. Acessado em 08/08/2003

Rocha, J.V. 1996.; Gerenciamento de operações agrícolas em sistemas de informações geo-referenciadas. *Caderno de informações geo-referenciadas: revista digital*, v.1, n.2. www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/n2/08-artigo2.htm. Acessado em 16/12/2004.

Rodriguez, G.R.; Brown, M.T.; Odum, H.T.; Sameframe – Sustainability Assessment Methodology Framework. In: *Proceedings of III Internacional Workshop Advances in Energy Studies: reconsidering the importance of energy*. September, 24-28, Porto Venere, Italy, p.605-612. 2002.

Romeiro, A.R.; O papel dos indicadores de sustentabilidade e da contabilidade ambiental. In: *Avaliação e contabilização de impactos ambientais*. Romeiro, A.R. (organizador). Campinas, SP: Editora da UNICAMP, São Paulo, SP: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. 2004.

Sano, E.E.; Assad, E.D.; Orioli, A.L.; Monitoramento da ocupação agrícola. In: Assad, E.D.; Sano, E.E. *Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura*. 2º edição, Brasília: Embrapa-SPI. 1998.

Sarcinelli, O.; Reydon, B.P.O; Ortega, E.; Análise da sustentabilidade econômica e ecológica da cafeicultura para pequenas propriedades. In: *Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural (SOBER)*. 2004

Shi, Z.H.; Cai, C.F.; Din, S.W.; Wang, T.W.; Chow, T.L.; Soil conservation planning at the small watershed level using RUSLE with GIS: a case study in the Three Gorge Area of China. *Catena*. Catena 55 (2004) 33–48. 2004.

Souza, Z.M. de; Alvez, M.C.; Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.7, nº.1, p.18-23. 2003.

Spadotto, C.A.; Gomes, M.A.F.; Impactos Ambientais de agrotóxicos: monitoramento e avaliação. In: Avaliação e contabilização de impactos ambientais. Romeiro, A.R. (organizador). Campinas, SP: Editora da UNICAMP, São Paulo, SP: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. 2004.

Ulgiati, S.; Odum, H.T.; Bastianoni, S.; Emergy use, environmental loading and sustainability: an emergy analysis of Italy. *Ecological Modelling*. V.73, p.215-268. 1994.

Van Remortel, R.; Hamilton, M.; Hickey, R.; Estimating the LS factor for RUSLE through iterative slope length processing of digital elevation data within ArcInfo Gris. *Cartography* 30: 27-35. 2001.

Wischmeier, W.H.; Smith, D.D.; Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook nº537. 1978.

9. ADENDOS

Nos apêndices a seguir, está demonstrado como foi calculado cada um dos fluxos energéticos que estão referenciados nas colunas “Notas” das tabelas de análise energética dos sistemas estudados. Em todos os cálculos foi considerado: (a) 3,00R\$ = 1,00 US\$; (b) energia/dólar = 3,3. 10¹² sej/US\$.

9.1. APÊNDICE 1: Dados do Sítio Duas Cachoeiras (2003) – 29,7 ha

Tabela 9.1.1. – Cálculo das receitas do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | Produção [kg/ano] | Preço de Venda [R\$/kg] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
|----------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------|--|
| Milho | 3000 | 2400 | 0,35 | 840,00 |
| Girassol | 1000 | 710 | 0,30 | 213,00 |
| Óleo Girassol | 300 | 213 | 6,25 | 1331,25 |
| Torta Girassol | 700 | 497 | 0,16 | 79,52 |
| Feijão | 900 | 387 | 2,30 | 890,10 |
| Abóbora | 3500 | 280 | 0,90 | 252,00 |
| Mandioca | 10000 | 2000 | 1,10 | 2200,00 |
| Batata Doce | 10000 | 500 | 0,90 | 450,00 |
| Arroz | 2500 | 400 | 5,00 | 2000,00 |
| Soja | 2400 | 192 | 1,50 | 288,00 |
| Hortaliças | 30000 | 3900 | 1,00 | 3900,00 |
| Frutas | 10000 | 5000 | 1,00 | 5000,00 |
| Lã Fiada | 50 | 36 | 36,00 | 1296,00 |
| Lã Tapete | 50 | 24 | 35,00 | 840,00 |
| Lã Tecido | 50 | 60 | 120,00 | 7200,00 |
| Mel | 1200 | 600 | 9,00 | 5400,00 |
| Própolis | 20 | 10 | 100,00 | 1000,00 |
| Cera | 40 | 20 | 11,00 | 220,00 |
| Água | - | - | 0,00 | 0,00 |
| Biomassa | - | - | 0,00 | 0,00 |
| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | Produção [h/ano] | Preço de Venda [R\$/h] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
| Aulas | - | 4800 | 7,00 | 33600,00 |
| Pesquisa | - | 600 | 0,00 | 0,00 |
| Total das receitas: | | | | 66.999,87 |

Tabela 9.1.2. – Cálculo dos custos. Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Custos | Valor | Unidade | Conversão | | Valor R\$/ano |
|--------------------------------------|----------|------------|--------------------|------|------------------|
| depreciação | 10963,36 | R\$/ano | | | 10963,36 |
| combustível | 500 | litros/ano | (2,00R\$/1 litro)= | 2 | 1000,00 |
| eletricidade | 3200 | kWh/ano | (0,26R\$/1kWh)= | 0,26 | 832,00 |
| materiais manutenção | 1150 | R\$/ano | | | 1150,00 |
| mão de obra simples | 6240 | R\$/ano | | | 6240,00 |
| manutenção | 900 | R\$/ano | | | 900,00 |
| impostos | 200 | R\$/ano | | | 200,00 |
| serviços privados | 120 | R\$/ano | | | 120,00 |
| telefone | 1440 | R\$/ano | | | 1440,00 |
| Total dos Custos de Produção: | | | | | 22.845,36 |

Tabela 9.1.3. – Cálculo dos nutrientes retirados do solo. Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Produto | Proteína [g] ^A | P [mg] ^A | K [mg] ^A | N [g] ^B | Ca[mg] ^A | Outros[mg] ^A |
|------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| Milho | 9 | 210 | 287 | 1,44 | 7 | 167 |
| Girassol | 23 | 705 | 689 | 3,68 | 116 | 373 |
| Capineira ^C | 5 | 130 | 150 | 0,7 | 4 | 80 |
| Feijão | 4 | 37 | 187 | 0,64 | 17 | 28 |
| Abóbora | 1 | 44 | 340 | 0,16 | 21 | 14 |
| Mandioca | 1 | 27 | 271 | 0,16 | 16 | 35 |
| Batata Doce | 2 | 28 | 204 | 0,32 | 22 | 24 |
| Arroz | 15 | 433 | 427 | 2,4 | 21 | 194 |
| Soja | 13 | 194 | 620 | 2,08 | 197 | 86 |
| Hortaliças | 1 | 23 | 257 | 0,16 | 32 | 18 |
| Frutas | 1 | 11 | 156 | 0,16 | 10 | 11 |

^A Fonte: Tabela de Composição Química dos Alimentos. U.S. Departamento f Agriculture, Agricultural Research Service. Nutrient Database for Standar Reference, Release 14. Quantidade de nutrientes em 100g de amostra. <http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri..> Acessado em 18/06/2004.

^B A quantidade de nitrogênio vale aproximadamente a 16% da quantidade de proteína.

^C Os valores da Capineira foram considerados com sendo de aproximadamente 50% aos valores do milho.

Tabela 9.1.3. – Cálculo dos nutrientes retirados do solo. Sítio Duas Cachoeiras (2003) - continuação.

| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | P [kg/ha.ano] | K [kg/ha.ano] | N [kg/ha.ano] | Ca [kg/ha.ano] | Outros [kg/ha.ano] |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|--------------------|
| Milho | 3000 | 6,3 | 8,61 | 43,2 | 0,21 | 5,01 |
| Girassol | 1000 | 7,05 | 6,89 | 36,8 | 1,16 | 3,73 |
| Capineira | 25172 | 32,7236 | 37,758 | 176,204 | 1,00688 | 20,1376 |
| Feijão | 900 | 0,333 | 1,683 | 5,76 | 0,153 | 0,252 |
| Abóbora | 3500 | 1,54 | 11,9 | 5,6 | 0,735 | 0,49 |
| Mandioca | 10000 | 2,7 | 27,1 | 16 | 1,6 | 3,5 |
| Batata Doce | 10000 | 2,8 | 20,4 | 32 | 2,2 | 2,4 |
| Arroz | 2500 | 10,825 | 10,675 | 60 | 0,525 | 4,85 |
| Soja | 2400 | 4,656 | 14,88 | 49,92 | 4,728 | 2,064 |
| Hortaliças | 30000 | 6,9 | 77,1 | 48 | 9,6 | 5,4 |
| Frutas | 10000 | 1,1 | 15,6 | 16 | 1 | 1,1 |
| Soma: | | 76,9276 | 232,596 | 489,484 | 22,91788 | 48,9336 |

Tabela 9.1.4. – Cálculo da depreciação dos equipamentos e materiais. Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Item | Conversão | Valor (R\$/ano) |
|---------------------|--|------------------|
| Casarão | $(140\text{m}^2) \cdot (400\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 1866,67 |
| Casa Proprietário | $(70\text{m}^2) \cdot (400\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 933,34 |
| Casa Azul | $(70\text{m}^2) \cdot (400\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 933,34 |
| Moradia | $(63\text{m}^2) \cdot (400\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 840 |
| Sala de aula | $(40\text{m}^2) \cdot (400\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 533,33 |
| Refeitório | $(130\text{m}^2) \cdot (200\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 866,66 |
| Biblioteca | $(20\text{m}^2) \cdot (200\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 133,34 |
| Oficina Mecânica | $(162\text{m}^2) \cdot (100\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 540 |
| Galpão Ovelhas | $(100\text{m}^2) \cdot (100\text{R}\$/\text{m}^2) / 15\text{anos} =$ | 666,67 |
| Estufas | $(200\text{m}^2) \cdot (20\text{R}\$/\text{m}^2) / 8\text{anos} =$ | 500 |
| Galpão Grãos | $(100\text{m}^2) \cdot (100\text{R}\$/\text{m}^2) / 20\text{anos} =$ | 500 |
| Casa dos Extratos | $(60\text{m}^2) \cdot (260\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 520 |
| Paio | $(12\text{m}^2) \cdot (200\text{R}\$/\text{m}^2) / 20\text{anos} =$ | 120 |
| Trator | $(40000\text{R}\$) / 30\text{anos} =$ | 1333,34 |
| Implementos | $(5000\text{R}\$) / 10\text{anos} =$ | 500 |
| Tecelagem | $(1900\text{R}\$) / 15\text{anos} =$ | 126,67 |
| Placa fotovoltaica | $(300\text{R}\$) / 10\text{anos} =$ | 30 |
| Aquecimento de água | $(200\text{R}\$) / 10\text{anos} =$ | 20 |
| Soma: | | 10.963,36 |

Tabela 9.1.5. – Cálculo de cada fluxo da Tabela 6. Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Nota | Referência |
|---|-----------------|
| 1 Sol | |
| radiação solar = 5,29 kWh/m ² .ano | [a] |
| albedo = 20 % | Estimado |
| energia = (radiação solar) * (100 - albedo) | |
| = (kWh/m ² .ano) * (3,6E6J/1kWh) * (1E4m ² /ha) * ((100-20)/100) | |
| = 1,52E+11 J/ha.ano | |
| Transformidade = 1 sej/J | [Definição] |
| 2 Chuva | |
| pluviosidade = 1,25 m ³ /m ² .ano | [b] |
| energia da água = 5000 J/kg | [n] |
| densidade da água = 1000 kg/m ³ | [n] |
| energia = (kg/m ³) * (J/kg) * (1E4m ² /ha) | |
| = 6,25E+10 J/ha.ano | |
| Transformidade = 4,70E+04 sej/J | [c] |
| 3 Vento | |
| densidade do ar = 1,3 kg/m ³ | [d] |
| média anual de velocidade = 5,55 m/s | Estimado |
| vento geotrópico = 3,33 m/s | 60% de 5,55 [d] |
| coeficiente de arraste = 0,001 adimensional | [d] |
| energia = (áream ² /área _{ha}) * (kg/m ³) * (m/s) ³ * (0,001) * (3,14E7s/ano) | |
| = 1,51E+10 J/ha.ano | |
| Transformidade = 2,45E+03 sej/J | [c] |

| | | | | |
|-----------|---|---|-----------------------------|-----|
| 4 | Lençol freático | | | |
| | vazão das nascentes = | 35659,00 | m ³ /ano | [h] |
| | água utilizada no sistema = | 1,36E+04 | m ³ /ano | [j] |
| | energia = | (m ³ /ano)*(1/área ha)*(1000kg/m ³)*(5000J/kg) | | |
| | = | 2,28E+09 | J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 1,76E+05 | sej/J | [k] |
| 5 | Água do Córrego | | | |
| | tempo de uso da bomba = | 0,50 | h/dia | [j] |
| | vazão bombeada = | 1,00 | litro/s | [j] |
| | vazão bombeada = | 6,48E+02 | m ³ /ano | |
| | energia = | (m ³ /ano)*(1/área ha)*(1000kg/m ³)*(5000J/kg) | | |
| | = | 1,09E+08 | J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 1,76E+05 | sej/J | [k] |
| 6 | Nitrogênio | | | |
| | consumo = | 489,484 | kg/ha.ano | |
| | Transformidade = | 7,73E+12 | sej/kg | [e] |
| 7 | Fósforo | | | |
| | consumo = | 76,9276 | kg/ha.ano | [m] |
| | Transformidade = | 2,99E+13 | sej/kg | [e] |
| 8 | Potássio | | | |
| | consumo = | 232,596 | kg/ha.ano | [m] |
| | Transformidade = | 2,92E+12 | sej/kg | [e] |
| 9 | Cálcio | | | |
| | consumo = | 22,91788 | kg/ha.ano | [m] |
| | Transformidade = | 1,68E+12 | sej/kg | [e] |
| 10 | Outros Minerais | | | |
| | consumo = | 48,9336 | kg/ha.ano | [m] |
| | Transformidade = | 1,71E+12 | sej/kg | [e] |
| 11 | Painel Fotovoltaico | | | |
| | potência utilizada = | 300 | W | [j] |
| | horas utilizadas = | 5 | h/dia | [j] |
| | consumo = | 547,5 | kWh/ano | |
| | energia = | (kWh/ano)*(1/área)*(1000W/kW)*(3600s/h) | | |
| | = | 6,64E+07 | | |
| | Transformidade = | 3,36E+05 | sej/J | [e] |
| 12 | Aquecedor de água | | | |
| | potência do chuveiro elétrico = | 4800 | W | [j] |
| | tempo de uso diário = | 40 | min/dia | [j] |
| | consumo = | 1168 | kWh/ano | |
| | energia = | (kWh/ano)*(1/área)*(1000W/kW)*(3600s/h) | | |
| | = | 1,42E+08 | | |
| | Transformidade = | 3,36E+05 | sej/J | [e] |
| 13 | Erosão do solo agrícola | | | |
| | perda de solo = | 33000 | kg/ha.ano | [f] |
| | matéria orgânica = | 0,04 | kg matéria orgânica/kg solo | [d] |
| | energia da matéria orgânica = | 5400 | kcal/kg | [d] |
| | energia = | (kg/ha.ano)*(kgmat.org./kgsolo)*(kcal/kg)*(4186J/kcal) | | |
| | = | 2,98E+10 | J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 7,40E+04 | sej/J | [g] |
| 14 | Depreciação das Instalações e equipamentos | | | [m] |
| | depreciação = | 10.963,36 | R\$/ano | |
| | depreciação = | 123,04 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | [i] |

| | | | | |
|-----------|--|--|----------------|-----|
| 15 | Combustível (inclui diesel, gasolina e lubrificantes) | | | |
| | consumo = | 500 | l/ano | [j] |
| | densidade = | 0,75 | kg/l | [n] |
| | energia do combustível = | 1000 | kcal/kg | |
| | energia = | $(l/ano) * (1/área) * (kg/l) * (kcal/kg) * (4186J/kcal)$ | | |
| | = | 5,29E+07 | J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 1,11E+05 | sej/J | [e] |
| 16 | Eletricidade | | | |
| | consumo = | 3200 | kWh/ano | [j] |
| | energia = | $(kWh/ano) * (1/área) * (1000W/kW) * (3600s/h)$ | | |
| | = | 3,88E+08 | J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,36E+05 | sej/J | [e] |
| 17 | Materiais para manutenção | | | |
| | consumo = | 1150 | R\$/ano | [j] |
| | energia = | $(R\$/ano) * (1/área) * (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 1,29E+01 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | [i] |
| 18 | Mão-de-obra simples (a) | | | |
| | n° de pessoas = | 1 | pessoas | [j] |
| | salário pago = | 260 | R\$/pessoa.mês | [j] |
| | gasto anual = | 3120 | R\$/ano | |
| | energia = | $(R\$/ano) * (US\$/R\$) * (1/área)$ | | |
| | = | 3,15E+02 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | [i] |
| 18 | Mão-de-obra simples (b) | | | |
| | n° de pessoas = | 2 | pessoas | [j] |
| | salário pago = | 130 | R\$/pessoa.mês | [j] |
| | gasto anual = | 3120 | R\$/ano | |
| | energia = | $(R\$/ano) * (US\$/R\$) * (1/área)$ | | |
| | = | 3,15E+02 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | [i] |
| 19 | Mão-de-obra familiar | | | |
| | n° de pessoas = | 2 | pessoas | [j] |
| | salário (virtualmente) pago = | 260 | R\$/pessoa.mês | |
| | gasto anual = | 6240 | R\$/ano | |
| | energia = | $(R\$/ano) * (US\$/R\$) * (1/área)$ | | |
| | = | 6,30E+02 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | [i] |
| 20 | Manutenção | | | |
| | custo = | 900 | R\$/ano | [j] |
| | energia = | $(R\$/ano) * (1/área) * (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 1,01E+01 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | [i] |
| 21 | Impostos | | | |
| | custo = | 200 | R\$/ano | [j] |
| | energia = | $(R\$/ano) * (1/área) * (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 2,24E+00 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | [i] |
| 22 | Serviços privados | | | |
| | custo = | 120 | R\$/ano | [j] |
| | energia = | $(R\$/ano) * (1/área) * (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 1,35E+00 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | [i] |

23 Telefone

| | | | |
|------------------|---|----------|-------------|
| custo = | 1440 | R\$/ano | [j] |
| energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 1,62E+01 | US\$/ha.ano |
| Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | [i] |

[a] Extraído de <http://www.cresesb.cepel.br/cgi-bin/sundatn> em 3 de novembro de 2004

[b] Extraído de http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_as.shtml em 29 de junho de 2004

[c] Odum, 2000a e b

[d] Rodríguez et al., 2002

[e] Odum, 1996

[f] Dado obtido através de SIG

[g] Brown, 2001

[h] Vazão medida no dia 15 de julho de 2004: a)nascente 1 = 0,13 litros/s b)nascente 2= 1 litro/s. Total de 1,13 litro/s. A água da nascente 1 mais 30% da água da nascente 2 são utilizados no sistema e contabilizados como energia renovável, totalizando 0,43 l/s. O restante, ou seja, 0,7l/s, são considerados como energia produzida, mas já embutidos no cálculo de infiltração de água.

[i] Relação energia/dólar para o Brasil em 2003.

[j] Dado fornecido pelo proprietário.

[k] Considerado igual a transformidade da água de poço. Extraído de Cavalett (2004)

[l] <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm> - Visualizado em 26/11/2004

[m] Apêndice 1.

[n] Cavalett, 2004.

9.2. APÊNDICE 2: Dados do Sítio Santa Helena (2003) – 15,6 ha

Tabela 9.2.1. – Cálculo das receitas do Sítio Santa Helena (2003).

| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | Produção [kg/ano] | Preço de Venda [R\$/kg] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|--|
| Café | 1111 | 8000 | 2,20 | 17600,00 |
| Chuchu | 73333 | 66000 | 0,21 | 13860,00 |
| Tomate | 81818 | 9000 | 1,00 | 9000,00 |
| Pêssego | 5000 | 350 | 2,00 | 700,00 |
| Pimentão | 55000 | 2750 | 0,60 | 1650,00 |
| Pepino | 157143 | 11000 | 0,68 | 7480,00 |
| Água | - | - | 0,00 | 0,00 |
| Biomassa | - | - | 0,00 | 0,00 |
| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | Produção [cabeça/ano] | Preço de Venda [R\$/cabeça] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
| Frango | - | 120.000 | 0,18 | 21600,00 |
| Total das receitas: | | | | 71890,00 |

Tabela 9.2.2. – Cálculo dos custos. Sítio Santa Helena (2003).

| Custos | Valor | Unidade | Conversão | Valor R\$/ha.ano |
|--------------------------------------|----------|------------|----------------------|------------------|
| depreciação | 22329,00 | R\$/ano | | 22329,00 |
| combustível | 1140 | litros/ano | (2,00R\$/1 litro)= 2 | 2280,00 |
| eletricidade | 7500 | kWh/ano | (0,26R\$/1kWh)= 0,26 | 1950,00 |
| materiais manutenção | 2000 | R\$/ano | | 2000,00 |
| impostos | 115 | R\$/ano | | 115,00 |
| serviços privados | 3900,3 | R\$/ano | | 3900,30 |
| telefone | 720 | R\$/ano | | 720,00 |
| fungicida e herbicida | 519 | R\$/ano | | 519,00 |
| fertilizante | 280 | R\$/ano | | 280,00 |
| Total dos Custos de Produção: | | | | 34.093,30 |

Tabela 9.2.3. – Cálculo da depreciação dos equipamentos e materiais. Sítio Santa Helena (2003).

| Item | Conversão | Valor (R\$/ano) |
|--------------------|---|------------------|
| Estufas | $(1100m^2) \cdot (20R\$/m^2) / 8anos =$ | 2750,00 |
| Casa 1 | $(200m^2) \cdot (400R\$/m^2) / 30anos =$ | 2666,00 |
| Casa 2 | $(240m^2) \cdot (400R\$/m^2) / 30anos =$ | 3200,00 |
| Casa 3 | $(120m^2) \cdot (400R\$/m^2) / 30anos =$ | 1600,00 |
| Trator | $40000R\$/30anos =$ | 1333,00 |
| Implemento | $3000R\$/30anos =$ | 100,00 |
| Aviário | $(2000m^2) \cdot (150R\$/m^2) / 30anos =$ | 10000,00 |
| Tulha Café | $(24m^2) \cdot (100R\$/m^2) / 30anos =$ | 80,00 |
| Peneirador de Café | $1000R\$/10anos =$ | 100,00 |
| Bombas d'água | $3000R\$/6anos =$ | 500,00 |
| Soma: | | 22.329,00 |

Tabela 9.2.4. – Cálculo de cada fluxo da Tabela 10. Sítio Santa Helena (2003).

| Nota | | Referência | |
|------------------|--|--|-----------------|
| 1 | Sol | | |
| | radiação solar = | 5,29 kWh/m ² .ano | [a] |
| | albedo = | 20 % | Estimado |
| | energia = | (radiação solar)*(100-albedo) = (kWh/m ² .ano)*(3,6E6J/1kWh)*(1E4m ² /ha)*((100-20)/100) = 1,52E+11 J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 1 sej/J | [Definição] |
| 2 | Chuva | | |
| | pluviosidade = | 1,25 m ³ /m ² .ano | [b] |
| | energia da água = | 5000 J/kg | [h] |
| | densidade da água = | 1000 kg/m ³ | [h] |
| | energia = | (kg/m ³)*(J/kg)*(1E4m ² /ha) = 6,25E+10 J/ha.ano | |
| Transformidade = | 4,70E+04 sej/J | [c] | |
| 3 | Vento | | |
| | densidade do ar = | 1,3 kg/m ³ | [d] |
| | média anual de velocidade = | 5,55 m/s | Estimado |
| | vento geotrópico = | 3,33 m/s | 60% de 5,55 [d] |
| | coeficiente de arraste = | 0,001 adimensional | [d] |
| energia = | (área m ² /área ha)*(kg/m ³)*(m/s) ³ *(0,001)*(3,14E7s/ano) = 1,51E+10 J/ha.ano | | |
| Transformidade = | 2,45E+03 sej/J | [c] | |
| 4 | Lençol freático | | |
| | tempo de uso da bomba = | 3,00 h/dia | [k] |
| | vazão das bombas = | 1,00 l/s | [k] |
| | vazão bombeada = | 3,89E+03 m ³ /ano | [j] |
| | energia = | (m ³ /ano)*(1/área ha)*(1000kg/m ³)*(5000J/kg) = 1,25E+09 J/ha.ano | |
| Transformidade = | 1,76E+05 sej/J | [c] | |
| 5 | Erosão do solo agrícola | | |
| | perda de solo = | 59000 kg/ha.ano | [f] |
| | matéria orgânica = | 0,04 kg matéria orgânica/kg solo | [d] |
| | energia da matéria orgânica = | 5400 kcal/kg | [d] |
| | energia = | (kg/ha.ano)*(kgmat.org./kgsolo)*(kcal/kg)*(4186J/kcal) = 5,33E+10 J/ha.ano | |
| Transformidade = | 7,40E+04 sej/J | [g] | |
| 6 | Depreciação das Instalações e equipamentos | | |
| | depreciação = | 22.329,00 R\$/ano | [l] |
| | depreciação = | 477,12 US\$/ha.ano | |
| Transformidade = | 3,30E+12 sej/US\$ | | |

| | | | |
|-----------|--|--|-----|
| 7 | Combustível (inclui diesel, gasolina e lubrificantes) | | |
| | consumo = | 1140 l/ano | [k] |
| | densidade = | 0,75 kg/l | [h] |
| | energia do combustível = | 1000 kcal/kg | [h] |
| | | energia = $(l/ano) * (1/área) * (kg/l) * (kcal/kg) * (4186J/kcal)$ | |
| | | = 2,29E+08 J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 1,11E+05 sej/J | [e] |
| 8 | Eletricidade | | |
| | consumo = | 7500 kWh/ano | [k] |
| | energia = | $(kWh/ano) * (1/área) * (1000W/kW) * (3600s/h)$ | |
| | | = 1,73E+09 J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,36E+05 sej/J | [e] |
| 9 | Materiais para manutenção | | |
| | consumo = | 2000 R\$/ano | [k] |
| | energia = | $(R\$/ano) * (1/área) * (US\$/R\%)$ | |
| | | = 4,27E+01 US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 sej/US\$ | |
| 10 | Fungicida | | |
| | custo = | 5,19E+02 kg/ano | [k] |
| | energia = | $(kg/ano) * (1/área)$ | |
| | | = 3,33E+01 kg/ha.ano | |
| | Transformidade = | 1,48E+13 sej/kg | [i] |
| 11 | Herbicida | | |
| | gasto = | 1,04E+01 l/ano | [k] |
| | densidade = | 7,50E-01 kg/l | [h] |
| | energia = | $(l/ano) * (kg/l) * (1/área)$ | |
| | | = 4,98E-01 kg/ha.ano | |
| | Transformidade = | 1,31E+15 sej/kg | [e] |
| 12 | Cálcio | | |
| | gasto = | 5,00E+00 l/ano | [k] |
| | densidade = | 7,50E-01 kg/l | [h] |
| | energia = | $(l/ano) * (kg/l) * (1/área)$ | |
| | | = 2,40E-01 kg/ha.ano | |
| | Transformidade = | 2,08E+12 sej/kg | [h] |
| 13 | Nitrato de Cálcio | | |
| | gasto = | 7,40E+01 R\$/ano | [k] |
| | energia = | $(R\$/ano) * (1/área) * (US\$/R\%)$ | |
| | | = 1,58E+00 US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 sej/US\$ | |
| 14 | Nitrato de Potássio | | |
| | gasto = | 1,00E+02 R\$/ano | [k] |
| | energia = | $(R\$/ano) * (1/área) * (US\$/R\%)$ | |
| | | = 2,14E+00 US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 sej/US\$ | |

15 Mão-de-obra familiar

| | | | |
|-------------------------------|---|----------------|-----|
| n° de pessoas = | 4 | pessoas | [k] |
| salário (virtualmente) pago = | 260 | R\$/pessoa.mês | |
| gasto anual = | 12480 | R\$/ano | |
| energia = | $(R\$/ano) \cdot (US\$/R\$) \cdot (1/\acute{a}rea)$ | | |
| = | 2,67E+02 | US\$/ha.ano | |
| Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |

16 Impostos

| | | | |
|------------------|---|-------------|-----|
| custo = | 115 | R\$/ano | [k] |
| energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| = | 2,46E+00 | US\$/ha.ano | |
| Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |

17 Serviços privados

| | | | |
|------------------|---|-------------|-----|
| custo = | 1102,46 | R\$/ano | [k] |
| energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| = | 2,36E+01 | US\$/ha.ano | |
| Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |

18 Telefone

| | | | |
|------------------|---|-------------|-----|
| custo = | 720 | R\$/ano | [k] |
| energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| = | 1,54E+01 | US\$/ha.ano | |
| Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |

[a] Extraído de <http://www.cresesb.cepel.br/cgi-bin/sundatn> em 3 de novembro de 2004

[b] Extraído de http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_as.shtml em 29 de junho de 2004

[c] Odum, 2000a e b

[d] Rodríguez et al., 2002

[e] Odum, 1996

[f] Dado obtido através de SIG

[g] Brown, 2001

[h] Cavalett (2004)

[i] <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm> em 08/11/2004

[j] Água da nascente utilizada para irrigar parte da produção e utilizar nas casas.

[k] Dados fornecido pelo proprietário.

[l] Apêndice 2.

9.3. APÊNDICE 3: Dados do Sítio Três Lagos (2003) – 25,3 ha

Tabela 9.3.1. – Cálculo das receitas do Sítio Três Lagos (2003).

| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | Produção [kg/ano] | Preço de Venda [R\$/kg] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|--|
| Milho | 2000 | 4000 | 0,30 | 1200,00 |
| Horta | 10000 | 200 | 0,70 | 140,00 |
| Água | - | - | 0,00 | 0,00 |
| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | Produção [cabeça/ano] | Preço de Venda [R\$/cabeça] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
| Bovinos | - | 40 | 700,00 | 28000,00 |
| Total das receitas: | | | | 29.340,00 |

Tabela 9.3.2. – Cálculo dos custos. Sítio Três Lagos (2003).

| Custos | Valor | Unidade | Conversão | Valor R\$/ano |
|--------------------------------------|---------|------------|--------------------|-----------------|
| depreciação | 7854,01 | R\$/ano | | 7854,01 |
| combustível | 1080 | litros/ano | (2,00R\$/1 litro)= | 2160,00 |
| eletricidade | 12600 | kWh/ano | (0,26R\$/1kWh)= | 3276,00 |
| materiais manutenção | 3000 | R\$/ano | | 3000,00 |
| vacinas e remédios | 1200 | R\$/ano | | 1200,00 |
| mão de obra simples | 9360 | R\$/ano | | 9360,00 |
| impostos | 100 | R\$/ano | | 100,00 |
| serviços privados | 500 | R\$/ano | | 500,00 |
| telefone | 1000 | R\$/ano | | 1000,00 |
| Total dos Custos de Produção: | | | | 28450,01 |

Tabela 9.3.3. – Cálculo da depreciação dos equipamentos e materiais. Sítio Três Lagos (2003).

| Item | Conversão | Valor (R\$/ano) |
|---------------|--|-----------------|
| Casa 1 | $(300m^2) \cdot (400R\$/m^2) / 30anos =$ | 4000,00 |
| Casa 2 | $(72m^2) \cdot (400R\$/m^2) / 30anos =$ | 960,00 |
| Casa 3 | $(60m^2) \cdot (400R\$/m^2) / 30anos =$ | 800,00 |
| Galpão | $(120m^2) \cdot (30R\$/m^2) / 30anos =$ | 120,00 |
| Trator | $(40000R\$/30anos =$ | 1333,34 |
| Implemento | $(6000R\$/30anos =$ | 200,00 |
| Estábulo | $(2000m^2) \cdot (30R\$/m^2) / 15anos =$ | 52,00 |
| Cocheira | $(48m^2) \cdot (30R\$/m^2) / 15anos =$ | 96,00 |
| Ranchos | $(63m^2) \cdot (30R\$/m^2) / 15anos =$ | 126,00 |
| Bombas d'água | $(1000R\$/6anos =$ | 166,67 |
| Soma: | | 7854,01 |

Tabela 9.3.4. – Cálculo de cada fluxo da Tabela 14. Sítio Três Lagos (2003).

| Nota | | Referência | |
|----------|---|--|-----------------|
| 1 | Sol | | |
| | radiação solar = | 5,29 kWh/m ² .ano | [a] |
| | albedo = | 20 % | Estimado |
| | energia = | (radiação solar)*(100-albedo) | |
| | | = (kWh/m ² .ano)*(3,6E6J/kWh)*(1E4m ² /ha)*((100-20)/100) | |
| | | = 1,52E+11 J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 1 sej/J | [Definição] |
| 2 | Chuva | | |
| | pluviosidade = | 1,25 m ³ /m ² .ano | [b] |
| | energia da água = | 5000 J/kg | [k] |
| | densidade da água = | 1000 kg/m ³ | [k] |
| | energia = | (kg/m ³)*(J/kg)*(1E4m ² /ha) | |
| | | = 6,25E+10 J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 4,70E+04 sej/J | [c] |
| 3 | Vento | | |
| | densidade do ar = | 1,3 kg/m ³ | [d] |
| | média anual de velocidade = | 5,55 m/s | Estimado |
| | vento geotrópico = | 3,33 m/s | 60% de 5,55 [d] |
| | coeficiente de arraste = | 0,001 adimensional | [d] |
| | energia = | (áream ² /área _{ha})*(kg/m ³)*(m/s) ³ *(0,001)*(3,14E7s/ano) | |
| | | = 1,51E+10 J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 2,45E+03 sej/J | [c] |
| 4 | Lençol freático | | |
| | vazão das nascentes = | 6312,00 m ³ /ano | [i] |
| | água utilizada no sistema = | 5,05E+03 m ³ /ano | [h] |
| | energia = | (m ³ /ano)*(1/área _{ha})*(1000kg/m ³)*(5000J/kg) | |
| | | = 1,00E+09 J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 1,76E+05 sej/J | [c] |
| 5 | Erosão do solo agrícola | | |
| | perda de solo = | 118400 kg/ha.ano | [f] |
| | matéria orgânica = | 0,04 kg matéria orgânica/kg solo | [d] |
| | energia da matéria orgânica = | 5400 kcal/kg | [d] |
| | energia = | (kg/ha.ano)*(kgmat.org./kgsolo)*(kcal/kg)*(4186J/kcal) | |
| | | = 1,07E+11 J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 7,40E+04 sej/J | [g] |
| 6 | Depreciação das Instalações e equipamentos | | |
| | depreciação = | 7854,01 R\$/ano | [j] |
| | depreciação = | 103,89 US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 sej/US\$ | |

| | | | |
|-----------|--|---|----------------|
| 7 | Combustível (inclui diesel, gasolina e lubrificantes) | | |
| | consumo = | 1080 | l/ano [i] |
| | densidade = | 0,75 | kg/l [k] |
| | energia do combustível = | 1000 | kcal/kg [k] |
| | energia = | $(1/\text{ano}) * (1/\text{área}) * (\text{kg/l}) * (\text{kcal/kg}) * (4186\text{J/kcal})$ | |
| | = | 1,35E+08 | J/ha.ano |
| | Transformidade = | 1,11E+05 | sej/J [e] |
| 8 | Eletricidade | | |
| | consumo = | 12600 | kWh/ano [i] |
| | energia = | $(\text{kWh/ano}) * (1/\text{área}) * (1000\text{W/kW}) * (3600\text{s/h})$ | |
| | = | 1,80E+09 | J/ha.ano |
| | Transformidade = | 3,36E+05 | sej/J [e] |
| 9 | Materiais para manutenção | | |
| | consumo = | 3000 | R\$/ano [i] |
| | energia = | $(\text{R\$/ano}) * (1/\text{área}) * (\text{US\$/R\$})$ | |
| | = | 3,97E+01 | US\$/ha.ano |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ |
| 10 | Vacinas e Remédios | | |
| | consumo = | 1200,00 | R\$/ano [i] |
| | energia = | $(\text{R\$/ano}) * (1/\text{área}) * (\text{US\$/R\$})$ | |
| | = | 1,59E+01 | US\$/ha.ano |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ |
| 11 | Mão-de-obra simples | | |
| | n° de pessoas = | 3 | pessoas [i] |
| | salário pago = | 260 | R\$/pessoa.mês |
| | gasto anual = | 9360 | R\$/ano |
| | energia = | $(\text{R\$/ano}) * (\text{US\$/R\$}) * (1/\text{área})$ | |
| | = | 1,24E+02 | US\$/ha.ano |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ |
| 12 | Impostos | | |
| | custo = | 100 | R\$/ano [i] |
| | energia = | $(\text{R\$/ano}) * (1/\text{área}) * (\text{US\$/R\$})$ | |
| | = | 1,32E+00 | US\$/ha.ano |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ |
| 13 | Serviços privados | | |
| | custo = | 500 | R\$/ano [i] |
| | energia = | $(\text{R\$/ano}) * (1/\text{área}) * (\text{US\$/R\$})$ | |
| | = | 6,61E+00 | US\$/ha.ano |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ |

14 Telefone

| | | | |
|------------------|---|----------|-------------|
| custo = | 1000 | R\$/ano | [i] |
| energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 1,32E+01 | US\$/ha.ano |
| Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |

[a] Extraído de <http://www.cresesb.cepel.br/cgi-bin/sundatn> em 3 de novembro de 2004

[b] Extraído de http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_as.shtml em 29 de junho de 2004

[c] Odum, 2000a e b

[d] Rodríguez et al., 2002

[e] Odum, 1996

[f] Dado obtido através de SIG

[g] Brown, 2001

[h] Vazão da nascente = 0,2 litro/s, onde 0,16litros/s 5050m³/ano são utilizados pelo sítio e foram contabilizados como recurso renovável. O restante já fora contabilizado como água infiltrada (energia produzida).

[i] Dado fornecido pelo proprietário.

[j] Apêndice 3.

[k] Cavalett, 2004.

9.4. APÊNDICE 4: Fotos antigas e atuais (mesmo local) do Sítio Duas Cachoeiras



Figura 56 - Área de pasto em 1984. Vista para topo.



Figura 57 – Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 56. Atualmente utilizada como área de rotação de cultura anual. Percebe-se grande biodiversidade e proteção do solo contra erosão.



Figura 58 – Área de pasto em 1984. Vista geral.



Figura 59 – Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 58. Atualmente utilizada como área de rotação de cultura anual.



Figura 60 – Área de pasto em 1984. Vista para baixo.



Figura 61 – Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 60. Atualmente utilizada como área de rotação de cultura anual. Tem-se, atrás das bananeiras (abaixo da cerca evidenciada na Figura 60), o início da área de mata, que atualmente possui 2 ha de área e 19 anos de idade.



Figura 62 – Vista da micro-bacia onde está inserido o sítio. Foto tirada em 1984.



Figura 63 - Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 62. Vê-se a substituição de grande área de pasto por mata, que auxilia na produção (proteção natural), protege o solo contra erosão e facilita a infiltração da água da chuva, além de melhorar a paisagem e contribuir para a fauna/flora da região.



Figura 64 – Área de pasto e pasto sujo em 1974.



Figura 65 - Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 64. Percebe-se a substituição de áreas de pasto por áreas de mata. Nesse local, há uma nascente, que aumentou a qualidade e quantidade de água durante todo o ano.



Figura 66 – Área de pasto chegando à margem do córrego. Foto tirada em 1974.



Figura 67 - Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 66. Percebe-se a utilização correta do solo, sendo ocupada por mata ciliar. A incorporação de sedimentos no córrego, devido à erosão, foi anulada e os benefícios oriundos da mata ciliar foram obtidos.



Figura 68 – Área de pasto chegando ao córrego, que está totalmente desprotegido.
Foto tirada em 1974.



Figura 69 - Foto tirada, em 2003, do mesmo local da Figura 68. Percebe-se grande proteção da mata ciliar.

9.5. APÊNDICE 5: Dados do Sítio Duas Cachoeiras (1980) – 16,14 ha

Tabela 9.5.1. – Cálculo das receitas do Sítio Duas Cachoeiras (1980).

| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | Produção [kg/ano] | Preço de Venda [R\$/kg] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|--|
| Frutas | 200 | 200 | 6,25 | 1250,00 |
| Água | - | - | 0,00 | 0,00 |
| Produto | Produtividade [cabeça/ha.ano] | Produção [cabeça/ano] | Preço de Venda [R\$/cabeça] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
| Gado | - | 30 | 700,00 | 21000,00 |
| Produto | Produtividade [litros/ha.ano] | Produção [litros/ano] | Preço de Venda [R\$/litro] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
| Leite | - | 720 | 0,50 | 360,00 |
| Total das receitas: | | | | 22.610,00 |

Tabela 9.5.2. – Cálculo dos custos. Sítio Duas Cachoeiras (1980).

| Custos | Valor | Unidade | Conversão | Valor R\$/ano |
|----------------------|---------|------------|----------------------|------------------|
| depreciação | 2000,00 | R\$/ano | | 2000,00 |
| combustível | 1000 | litros/ano | (2,00R\$/1 litro)= 2 | 2000,00 |
| eletricidade | 3000 | kWh/ano | (0,26R\$/1kWh)= 0,26 | 780,00 |
| materiais manutenção | 3000 | R\$/ano | | 3000,00 |
| mão de obra simples | 9360 | R\$/ano | | 9360,00 |
| manutenção | 5000 | R\$/ano | | 5000,00 |
| impostos | 100 | R\$/ano | | 100,00 |
| serviços privados | 100 | R\$/ano | | 100,00 |
| Soma: | | | | 22.340,00 |

Tabela 9.5.3. – Cálculo da depreciação dos equipamentos e materiais. Sítio Duas Cachoeiras (1980).

| Item | Conversão | Valor (R\$/ano) |
|---------------|--|-----------------|
| Casarão | $(140m^2) \cdot (400R\$/m^2) / 30anos =$ | 1870 |
| Tulha de Café | $(20m^2) \cdot (200R\$/m^2) / 30anos =$ | 133 |
| Soma: | | 2.000,00 |

Tabela 9.5.4. – Cálculo dos fluxos da Tabela 31. Sítio Duas Cachoeiras (1980).

| Nota | Referência |
|--|-------------|
| 1 Sol | |
| radiação solar = 5,29 kWh/m ² .ano | [a] |
| albedo = 20 % | Estimado |
| energia = (radiação solar) * (100 - albedo) | |
| = (kWh/m ² .ano) * (3,6E6J/1kWh) * (1E4m ² /ha) * ((100 - 20) / 100) | |
| = 1,52E+11 J/ha.ano | |
| Transformidade = 1 sej/J | [Definição] |

| | | | | | |
|----------|--|----------|---|-------------|----------|
| 2 | Chuva | | | | |
| | pluviosidade = | 1,25 | m ³ /m ² .ano | | [b] |
| | energia da água = | 5000 | J/kg | | [k] |
| | densidade da água = | 1000 | kg/m ³ | | [k] |
| | energia = | | (kg/m ³)*(J/kg)*(1E4m ² /ha) | | |
| | = | 6,25E+10 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 4,70E+04 | sej/J | | [c] |
| 3 | Vento | | | | |
| | densidade do ar = | 1,3 | kg/m ³ | | [d] |
| | média anual de velocidade = | 5,55 | m/s | | Estimado |
| | vento geotrópico = | 3,33 | m/s | 60% de 5,55 | [d] |
| | coeficiente de arraste = | 0,001 | adimensional | | [d] |
| | energia = | | (área m ² /área ha)*(kg/m ³)*(m/s) ³ *(0,001)*(3,14E7s/ano) | | |
| | = | 1,51E+10 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 2,45E+03 | sej/J | | [c] |
| 4 | Lençol freático | | | | |
| | vazão da nascente = | 4,10E+03 | m ³ /ano | | [i] |
| | água utilizada no sistema = | 1,23E+03 | m ³ /ano | | [h] |
| | energia = | | (m ³ /ano)*(1/área ha)*(1000kg/m ³)* (5000J/kg) | | |
| | = | 3,81E+08 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 1,76E+05 | sej/J | | [c] |
| 5 | Erosão do solo agrícola | | | | |
| | perda de solo = | 120000 | kg/ha.ano | | [f] |
| | matéria orgânica = | 0,04 | kg matéria orgânica/kg solo | | [d] |
| | energia da matéria orgânica = | 5400 | kcal/kg | | [d] |
| | energia = | | (kg/ha.ano)*(kgmat.org./kgsolo)*(kcal/kg)*(4186J/kcal) | | |
| | = | 1,09E+11 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 7,40E+04 | sej/J | | [g] |
| 6 | Depreciação das Instalações e equipamentos | | | | |
| | depreciação = | 2000,00 | R\$/ano | | [j] |
| | depreciação = | 41,31 | US\$/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | | |
| 7 | Combustível (inclui diesel, gasolina e lubrificantes) | | | | |
| | consumo = | 1000 | l/ano | | [i] |
| | densidade = | 0,75 | kg/l | | [k] |
| | energia do combustível = | 1000 | kcal/kg | | [k] |
| | energia = | | (l/ano)*(1/área)*(kg/l)*(kcal/kg)*(4186J/kcal) | | |
| | = | 1,95E+08 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 1,11E+05 | sej/J | | [e] |
| 8 | Eletricidade | | | | |
| | consumo = | 3000 | kWh/ano | | [i] |
| | energia = | | (kWh/ano)*(1/área)*(1000W/kW)*(3600s/h) | | |
| | = | 6,69E+08 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 3,36E+05 | sej/J | | [e] |

| | | | | |
|-----------|-----------------------------------|---|----------------|-----|
| 9 | Materiais para manutenção | | | |
| | consumo = | 3000 | R\$/ano | [i] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 6,20E+01 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 10 | Vacinas e Remédios | | | |
| | consumo = | 2,00E+03 | R\$/ano | [i] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 4,13E+01 | | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 11 | Mão-de-obra simples | | | |
| | n°. de pessoas = | 3 | pessoas | [i] |
| | salário pago = | 260 | R\$/pessoa.mês | [i] |
| | gasto anual = | 9360 | R\$/ano | |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (US\$/R\$) \cdot (1/\acute{a}rea)$ | | |
| | = | 1,74E+03 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 12 | Manutenção | | | |
| | custo = | 5000 | R\$/ano | [i] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 1,03E+02 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 13 | Impostos | | | |
| | custo = | 100 | R\$/ano | [i] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 2,07E+00 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 14 | Serviços privados | | | |
| | custo = | 100 | R\$/ano | [i] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 2,07E+00 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |

[a] Extraído de <http://www.cresesb.cepel.br/cgi-bin/sundatn> em 3 de novembro de 2004

[b] Extraído de http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_as.shtml em 29 de junho de 2004

[c] Odum, 2000a e b

[d] Rodríguez et al., 2002

[e] Odum, 1996

[f] Dado obtido através de SIG (considerado igual ao valor perdido pelo Sítio Três Lagos em 2003), já o modelo de produção era o mesmo.

[g] Brown, 2001

[h] Vazão fornecida pelo proprietário: 0,13 litro/s. 30% da água da nascente ($0,041/s = 1231m^3/ano$) eram utilizados no sistema e foram contabilizados como energia renovável. O restante já fora considerado como água infiltrada (energia produzida).

[i] Dados fornecidos pelo proprietário.

[j] Apêndice 5.

[k] Cavalett, 2004.

9.6. APÊNDICE 6: Dados do Sítio Duas Cachoeiras (1990) – 16,14 ha

Tabela 9.6.1. – Cálculo das receitas do Sítio Duas Cachoeiras (1990).

| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | Produção [kg/ano] | Preço de Venda [R\$/kg] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
|----------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------|--|
| Milho | 2000 | 1600 | 0,35 | 560,00 |
| Feijão | 300 | 30 | 2,30 | 69,00 |
| Abóbora | 2000 | 80 | 0,90 | 72,00 |
| Mandioca | 3000 | 150 | 1,10 | 165,00 |
| Hortaliça | 15000 | 7500 | 1,00 | 7500,00 |
| Frutas | 1500 | 750 | 1,00 | 750,00 |
| Lã Fiada | - | 7,2 | 36,00 | 259,20 |
| Lã Tapete | - | 4,8 | 35,00 | 168,00 |
| Lã Tecido | - | 12 | 120,00 | 1440,00 |
| Mel | - | 50 | 9,00 | 450,00 |
| Própolis | - | 1 | 100,00 | 100,00 |
| Cera | - | 5 | 11,00 | 55,00 |
| Gado | 20 cabeças | 10000 | 0,30 | 3000,00 |
| Biomassa | - | - | 0,00 | 0,00 |
| Água | - | - | 0,00 | 0,00 |
| Produto | Produtividade [horas/ha.ano] | Produção [horas/ano] | Preço de Venda [R\$/hora] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
| Pesquisa | - | 200 | 0,00 | 0,00 |
| Aulas | - | 1000 | 7,00 | 7000,00 |
| Total das receitas: | | | | 21.588,20 |

Tabela 9.6.2. – Cálculo dos custos de produção. Sítio Duas Cachoeiras (1990).

| Custos | Valor | Unidade | Conversão | Valor R\$/ano |
|----------------------|---------|------------|--------------------|------------------|
| depreciação | 9166,67 | R\$/ano | | 9166,67 |
| combustível | 1000 | litros/ano | (2,00R\$/1 litro)= | 2000,00 |
| eletricidade | 600 | kWh/ano | (0,26R\$/1kWh)= | 156,00 |
| materiais manutenção | 2500 | R\$/ano | | 2500,00 |
| mão de obra simples | 1560 | R\$/ano | | 1560,00 |
| manutenção | 2000 | R\$/ano | | 2000,00 |
| impostos | 150 | R\$/ano | | 150,00 |
| serviços privados | 150 | R\$/ano | | 150,00 |
| telefone | 1080 | R\$/ano | | 1080,00 |
| Soma: | | | | 18.762,67 |

Tabela 9.6.3. – Cálculo da depreciação dos equipamentos e materiais. Sítio Duas Cachoeiras (1990).

| Item | Conversão | Valor (R\$/ano) |
|-------------------|--|-----------------|
| Casarão | $(140\text{m}^2) \cdot (400\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 1866,67 |
| Casa Proprietário | $(70\text{m}^2) \cdot (400\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 933,33 |
| Moradia | $(63\text{m}^2) \cdot (400\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 840 |
| Refeitório | $(130\text{m}^2) \cdot (200\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 866,67 |
| Biblioteca | $(20\text{m}^2) \cdot (200\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 133,33 |
| Galpão Ovelhas | $(100\text{m}^2) \cdot (100\text{R}\$/\text{m}^2) / 15\text{anos} =$ | 666,67 |
| Galpão Grãos | $(100\text{m}^2) \cdot (100\text{R}\$/\text{m}^2) / 20\text{anos} =$ | 500 |
| Casa dos Extratos | $(60\text{m}^2) \cdot (260\text{R}\$/\text{m}^2) / 20\text{anos} =$ | 780 |
| Paio | $(12\text{m}^2) \cdot (200\text{R}\$/\text{m}^2) / 20\text{anos} =$ | 120 |
| Trator | $(40000\text{R}\$) / 30\text{anos} =$ | 1333,33 |
| Implementos | $(10000\text{R}\$) / 10\text{anos} =$ | 1000 |
| Tecelagem | $(1900\text{R}\$) / 15\text{anos} =$ | 126,67 |
| Soma: | | 9.166,67 |

Tabela 9.6.4. – Cálculo dos fluxos da Tabela 35. Sítio Duas Cachoeiras (1990).

| Nota | Referência |
|--|-----------------|
| 1 Sol | |
| radiação solar = 5,29 kWh/m ² .ano | [a] |
| albedo = 20 % | Estimado |
| energia = (radiação solar) * (100 - albedo) | |
| = (kWh/m ² .ano) * (3,6E6J/kWh) * (1E4m ² /ha) * ((100-20)/100) | |
| = 1,52E+11 J/ha.ano | |
| Transformidade = 1 sej/J | [Definição] |
| 2 Chuva | |
| pluviosidade = 1,25 m ³ /m ² .ano | [b] |
| energia da água = 5000 J/kg | [k] |
| densidade da água = 1000 kg/m ³ | [k] |
| energia = (kg/m ³) * (J/kg) * (1E4m ² /ha) | |
| = 6,25E+10 J/ha.ano | |
| Transformidade = 4,70E+04 sej/J | [c] |
| 3 Vento | |
| densidade do ar = 1,3 kg/m ³ | [d] |
| média anual de velocidade = 5,55 m/s | Estimado |
| vento geotrópico = 3,33 m/s | 60% de 5,55 [d] |
| coeficiente de arraste = 0,001 adimensional | [d] |
| energia = (área m ² /área ha) * (kg/m ³) * (m/s) ³ * (0,001) * (3,14E7s/ano) | |
| = 1,51E+10 J/ha.ano | |
| Transformidade = 2,45E+03 sej/J | [c] |
| 4 Lençol freático | |
| vazão da nascente = 7,89E+03 m ³ /ano | [i] |
| água utilizada no sistema = 2,37E+03 m ³ /ano | [h] |
| energia = (m ³ /ano) * (1/área ha) * (1000kg/m ³) * (5000J/kg) | |
| = 7,33E+08 J/ha.ano | |
| Transformidade = 1,76E+05 sej/J | [c] |

| | | | | |
|-----------|--|---|-----------------------------|-----|
| 5 | Erosão do solo agrícola | | | |
| | perda de solo = | 100000 | kg/ha.ano | [f] |
| | matéria orgânica = | 0,04 | kg matéria orgânica/kg solo | [d] |
| | energia da matéria orgânica = | 5400 | kcal/kg | [d] |
| | energia = | $(\text{kg/ha.ano}) * (\text{kgmat.org./kgsolo}) * (\text{kcal/kg}) * (4186\text{J/kcal})$ | | |
| | = | 9,04E+10 | J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 7,40E+04 | sej/J | [g] |
| 6 | Depreciação das Instalações e equipamentos | | | |
| | depreciação = | 9166,67 | R\$/ano | [j] |
| | depreciação = | 189,31 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 7 | Combustível (inclui diesel, gasolina e lubrificantes) | | | |
| | consumo = | 1000 | l/ano | [i] |
| | densidade = | 0,75 | kg/l | [k] |
| | energia do combustível = | 1000 | kcal/kg | [k] |
| | energia = | $(\text{l/ano}) * (1/\text{área}) * (\text{kg/l}) * (\text{kcal/kg}) * (4186\text{J/kcal})$ | | |
| | = | 1,95E+08 | J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 1,11E+05 | sej/J | [e] |
| 8 | Eletricidade | | | |
| | consumo = | 600 | kWh/ano | [i] |
| | energia = | $(\text{kWh/ano}) * (1/\text{área}) * (1000\text{W/kW}) * (3600\text{s/h})$ | | |
| | = | 1,34E+08 | J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,36E+05 | sej/J | [e] |
| 9 | Materiais para manutenção | | | |
| | consumo = | 2500 | R\$/ano | [i] |
| | energia = | $(\text{R\$/ano}) * (1/\text{área}) * (\text{US\$/R\$})$ | | |
| | = | 5,16E+01 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 10 | Vacinas e Remédios | | | |
| | consumo = | 1,20E+03 | R\$/ano | [i] |
| | energia = | $(\text{R\$/ano}) * (1/\text{área}) * (\text{US\$/R\$})$ | | |
| | = | 2,48E+01 | | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | | |
| 11 | Mão-de-obra simples (a) | | | |
| | n°. de pessoas = | 1 | pessoas | [i] |
| | salário pago = | 260 | R\$/pessoa.mês | [i] |
| | gasto anual = | 3120 | R\$/ano | |
| | energia = | $(\text{R\$/ano}) * (\text{US\$/R\$}) * (1/\text{área})$ | | |
| | = | 5,80E+02 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 11 | Mão-de-obra simples (b) | | | |
| | n°. de pessoas = | 1 | pessoas | [i] |
| | salário pago = | 130 | R\$/pessoa.mês | [i] |
| | gasto anual = | 1560 | R\$/ano | |
| | energia = | $(\text{R\$/ano}) * (\text{US\$/R\$}) * (1/\text{área})$ | | |
| | = | 2,90E+02 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 12 | Mão-de-obra familiar | | | |
| | n°. de pessoas = | 2 | pessoas | [i] |
| | salário (virtualmente) pago = | 260 | R\$/pessoa.mês | |
| | gasto anual = | 6240 | R\$/ano | |
| | energia = | $(\text{R\$/ano}) * (\text{US\$/R\$}) * (1/\text{área})$ | | |
| | = | 1,16E+03 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |

| | | | |
|-----------|--------------------------|---|-----|
| 13 | Manutenção | custo = 2000 R\$/ano | [i] |
| | | energia = (R\$/ano)*(1/área)*(US\$/R\$) | |
| | | = 4,13E+01 US\$/ha.ano | |
| | | Transformidade = 3,30E+12 sej/ha.ano | |
| 14 | Impostos | custo = 150 R\$/ano | [i] |
| | | energia = (R\$/ano)*(1/área)*(US\$/R\$) | |
| | | = 3,10E+00 US\$/ha.ano | |
| | | Transformidade = 3,30E+12 sej/ha.ano | |
| 15 | Serviços privados | custo = 150 R\$/ano | [i] |
| | | energia = (R\$/ano)*(1/área)*(US\$/R\$) | |
| | | = 3,10E+00 US\$/ha.ano | |
| | | Transformidade = 3,30E+12 sej/ha.ano | |
| 16 | Telefone | custo = 1080 R\$/ano | [i] |
| | | energia = (R\$/ano)*(1/área)*(US\$/R\$) | |
| | | = 2,23E+01 US\$/ha.ano | |
| | | Transformidade = 3,30E+12 sej/ha.ano | |

[a] Extraído de <http://www.cresesb.cepel.br/cgi-bin/sundatn> em 3 de novembro de 2004

[b] Extraído de http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_as.shtml em 29 de junho de 2004

[c] Odum, 2000

[d] Rodríguez et al., 2002

[e] Odum, 1996

[f] Dado obtido através de SIG. (considerado um pouco menor ao valor perdido pelo Sítio Três Lagos em 2003), já o modelo de produção era o mesmo.

[g] Brown, 2001

[h] Vazão fornecida pelo proprietário: 0,25 litros/s. Onde 30% da água da nascente ($0,0751/s = 2367m^3/ano$) eram utilizados no sistema e foram contabilizados como energia renovável. O restante já fora considerado como água infiltrada (energia produzida)

[i] Dados fornecidos pelo proprietário.

[j] Apêndice 6

[k] Cavalett, 2004.

9.7. APÊNDICE 7: Análise Emergética Setorial – Pasto, Produção de Lã – 1,44 ha

Tabela 9.7.1. – Cálculo das receitas da área de pasto do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | Produção [kg/ano] | Preço de Venda [R\$/kg] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
|----------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|--|
| Lã Fiada | - | 36 | 36,00 | 1296,00 |
| Lã Tapete | - | 24 | 35,00 | 840,00 |
| Lã Tecido | - | 60 | 120,00 | 7200,00 |
| Água | - | - | - | - |
| Total das receitas: | | | | 9.336,00 |

Tabela 9.7.2. – Cálculo dos custos de produção. Sítio Duas Cachoeiras, área de pasto (2003).

| Custos | Valor | Unidade | Conversão | Valor R\$/ano |
|----------------------|--------|------------|--------------------|---------------|
| depreciação | 793,34 | R\$/ano | | 793,34 |
| combustível | 50 | litros/ano | (2,00R\$/1 litro)= | 100,00 |
| eletricidade | 50 | kWh/ano | (0,26R\$/1kWh)= | 13,00 |
| materiais manutenção | 300 | R\$/ano | | 300,00 |
| mão de obra simples | 790,83 | R\$/ano | | 790,83 |
| manutenção | 200 | R\$/ano | | 200,00 |
| impostos | 10 | R\$/ano | | 10,00 |
| telefone | 144 | R\$/ano | | 144,00 |
| Soma: | | | | 2.351,17 |

Tabela 9.7.3. – Cálculo da depreciação dos equipamentos e materiais. Sítio Duas Cachoeiras, área de pasto (2003).

| Item | Conversão | Valor (R\$/ano) |
|----------------|--|-----------------|
| Galpão Ovelhas | $(100m^2) \cdot (100R\$/m^2) / 15anos =$ | 666,67 |
| Tecelagem | $(1900R\$/15anos =$ | 126,67 |
| Soma: | | 793,34 |

Tabela 9.7.4. – Cálculo dos fluxos da Tabela 40. Sítio Duas Cachoeiras, área de pasto (2003).

| Nota | Referência |
|--|------------|
| <p>1 Sol</p> <p>radiação solar = 5,29 kWh/m².ano [a]</p> <p>albedo = 20 % Estimado</p> <p>energia = (radiação solar) * (100 - albedo)</p> <p>= (kWh/m².ano) * (3,6E6J/1kWh) * (1E4m²/ha) * ((100 - 20) / 100)</p> <p>= 1,52E+11 J/ha.ano</p> <p>Transformidade = 1 sej/J [Definição]</p> | |
| <p>2 Chuva</p> <p>pluviosidade = 1,25 m³/m².ano [b]</p> <p>energia da água = 5000 J/kg [k]</p> <p>densidade da água = 1000 kg/m³ [k]</p> <p>energia = (kg/m³) * (J/kg) * (1E4m²/ha)</p> <p>= 6,25E+10 J/ha.ano</p> <p>Transformidade = 4,70E+04 sej/J [c]</p> | |

| | | | | | |
|-----------|--|---|-----------------------------|-------------|----------|
| 3 | Vento | | | | |
| | densidade do ar = | 1,3 | kg/m ³ | | [d] |
| | média anual de velocidade = | 5,55 | m/s | | Estimado |
| | vento geotrópico = | 3,33 | m/s | 60% de 5,55 | [d] |
| | coeficiente de arraste = | 0,001 | adimensional | | [d] |
| | energia = | (área m ² /área ha)*(kg/m ³)*(m/s) ³ *(0,001)*(3,14E7s/ano) | | | |
| | = | 1,51E+10 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 2,45E+03 | sej/J | | [c] |
| 4 | Erosão do solo agrícola | | | | |
| | perda de solo = | 150000 | kg/ha.ano | | [f] |
| | matéria orgânica = | 0,04 | kg matéria orgânica/kg solo | | [d] |
| | energia da matéria orgânica = | 5400 | kcal/kg | | [d] |
| | energia = | (kg/ha.ano)*(kgmat.org./kgsolo)*(kcal/kg)*(4186J/kcal) | | | |
| | = | 1,36E+11 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 7,40E+04 | sej/J | | [g] |
| 5 | Depreciação das Instalações e equipamentos | | | | |
| | depreciação = | 793,34 | R\$/ano | | [l] |
| | depreciação = | 183,64 | US\$/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | | |
| 6 | Combustível (inclui diesel, gasolina e lubrificantes) | | | | |
| | consumo = | 50 | l/ano | | [j] |
| | densidade = | 0,75 | kg/l | | [k] |
| | energia do combustível = | 1000 | kcal/kg | | [k] |
| | energia = | (l/ano)*(1/área)*(kg/l)*(kcal/kg)*(4186J/kcal) | | | |
| | = | 1,09E+08 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 1,11E+05 | sej/J | | [e] |
| 7 | Eletricidade | | | | |
| | consumo = | 50 | kWh/ano | | [j] |
| | energia = | (kWh/ano)*(1/área)*(1000W/kW)*(3600s/h) | | | |
| | = | 1,25E+08 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 3,36E+05 | sej/J | | [e] |
| 8 | Materiais para manutenção | | | | |
| | consumo = | 300 | R\$/ano | | [j] |
| | energia = | (R\$/ano)*(1/área)*(US\$/R\$) | | | |
| | = | 6,94E+01 | US\$/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | | |
| 9 | Capineira | | | | |
| | consumo = | 7,30E+04 | kg/ano | | [j] |
| | valor calórico = | 8,00E+02 | kcal/kg | | [h] |
| | energia = | (kg/ano)*(kcal/kg)*4186*(1/área) | | | |
| | = | 1,70E+11 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 4,30E+03 | sej/J | | [i] |
| 10 | Mão-de-obra simples (a) | | | | |
| | n° de pessoas = | 1 | pessoas | | [j] |
| | salário pago = | 260 | R\$/pessoa.mês | | [j] |
| | horas de trabalho por dia = | 2 | h/dia | | [j] |
| | gasto anual = | 790,83 | R\$/ano | | |
| | energia = | (R\$/ano)*(US\$/R\$)*(1/área) | | | |
| | = | 1,65E+03 | US\$/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | | |

| | | | | |
|-----------|-------------------------------|--|----------------|-----|
| 11 | Mão-de-obra familiar | | | |
| | n° de pessoas = | 2 | pessoas | [j] |
| | salário (virtualmente) pago = | 260 | R\$/pessoa.mês | |
| | horas de trabalho por dia = | 2 | h/dia | [j] |
| | gasto anual = | 1581,67 | R\$/ano | |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (US\$/R\$) \cdot (1/\text{área})$ | | |
| | = | 3,30E+03 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 12 | Manutenção | | | |
| | custo = | 200 | R\$/ano | [j] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\text{área}) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 4,63E+01 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 13 | Impostos | | | |
| | custo = | 10 | R\$/ano | [j] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\text{área}) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 2,31 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 14 | Telefone | | | |
| | custo = | 144 | R\$/ano | [j] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\text{área}) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 33,3 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |

[a] Extraído de <http://www.cresesb.cepel.br/cgi-bin/sundatn> em 3 de novembro de 2004

[b] Extraído de http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_as.shtml em 29 de junho de 2004

[c] Odum, 2000a e b

[d] Rodríguez et al., 2002

[e] Odum, 1996

[f] Dado obtido através de SIG. Com o mapa de perda de solo do sítio e, através da ferramenta "identify" do ArcGIS, foram pegos alguns pontos e foi feita uma média aritmética.

[g] Brown, 2001

[h] O valor calórico foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos: <http://www.fcf.usp.br/tabela>

[i] Extraído de <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm> em 23/11/2004.

[j] Dados fornecidos pelo proprietário.

[k] Cavalett, 2004.

[l] Apêndice 7.

9.8. APÊNDICE 8: Análise Emergética Setorial – Mata – 7,75 ha

Tabela 9.8.1. – Cálculo das receitas da área de mata do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | Produção [kg/ano] | Preço de Venda [R\$/kg] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
|----------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|--|
| Mel | 1200 | 600 | 9,00 | 696,77 |
| Própolis | 20 | 10 | 100,00 | 129,03 |
| Cera | 40 | 20 | 11,00 | 28,39 |
| Água | - | - | 0 | 0 |
| Biomassa | - | - | 0 | 0 |
| Total das receitas: | | | | 6.620,00 |

Tabela 9.8.2. – Cálculo dos custos de produção. Sítio Duas Cachoeiras, área de mata (2003).

| Custos | Valor | Unidade | Conversão | Valor R\$/ano |
|--------------|-------|---------|-----------|---------------|
| depreciação | 780 | R\$/ano | | 780,00 |
| impostos | 50 | R\$/ano | | 50,00 |
| Soma: | | | | 830,00 |

Tabela 9.8.3. – Cálculo da depreciação dos equipamentos e materiais. Sítio Duas Cachoeiras, área de mata (2003).

| Item | Conversão | Valor (R\$/ano) |
|----------------------|---|-----------------|
| Casa das Ervas (mel) | $(60m^2) \cdot (260R\$/m^2) / 20anos =$ | 780 |
| Soma: | | 780,00 |

Tabela 9.8.4. – Cálculo dos fluxos da Tabela 42. Sítio Duas Cachoeiras, área de mata (2003).

| Nota | Referência |
|---|------------|
| <p>1 Sol</p> <p>radiação solar = 5,29 kWh/m².ano [a]</p> <p>albedo = 20 % Estimado</p> <p>energia = (radiação solar) * (100 - albedo)</p> <p>= (kWh/m².ano) * (3,6E6J/1kWh) * (1E4m²/ha) * ((100-20)/100)</p> <p>= 1,52E+11 J/ha.ano</p> <p>Transformidade = 1 sej/J [Definição]</p> | |
| <p>2 Chuva</p> <p>pluviosidade = 1,25 m³/m².ano [b]</p> <p>energia da água = 5000 J/kg [j]</p> <p>densidade da água = 1000 kg/m³ [j]</p> <p>energia = (kg/m³) * (J/kg) * (1E4m²/ha)</p> <p>= 6,25E+10 J/ha.ano</p> <p>Transformidade = 4,70E+04 sej/J [c]</p> | |
| <p>3 Vento</p> <p>densidade do ar = 1,3 kg/m³ [d]</p> <p>média anual de velocidade = 5,55 m/s Estimado</p> <p>vento geotrópico = 3,33 m/s 60% de 5,55 [d]</p> <p>coeficiente de arraste = 0,001 adimensional [d]</p> <p>energia = (área m²/área ha) * (kg/m³) * (m/s)³ * (0,001) * (3,14E7s/ano)</p> <p>= 1,51E+10 J/ha.ano</p> <p>Transformidade = 2,45E+03 sej/J [c]</p> | |

| | | | | |
|----------|---|--|-----------------------------|-----|
| 4 | Erosão do solo agrícola | | | |
| | perda de solo = | 2000 | kg/ha.ano | [f] |
| | matéria orgânica = | 0,04 | kg matéria orgânica/kg solo | [d] |
| | energia da matéria orgânica = | 5400 | kcal/kg | [d] |
| | energia = | $(\text{kg/ha.ano}) * (\text{kgmat.org./kgsolo}) * (\text{kcal/kg}) * (4186\text{J/kcal})$ | | |
| | = | 1,81E+09 | J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 7,40E+04 | sej/J | [g] |
| 5 | Depreciação das Instalações e equipamentos | | | |
| | depreciação = | 780 | R\$/ano | [i] |
| | depreciação = | 33,54 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 6 | Mão-de-obra familiar | | | |
| | n°. de pessoas = | 1 | pessoas | [h] |
| | salário (virtualmente) pago = | 260 | R\$/pessoa.mês | |
| | horas de trabalho por dia = | 1 | h/dia | [h] |
| | gasto anual = | 395,42 | R\$/ano | |
| | energia = | $(\text{R\$/ano}) * (\text{US\$/R\$}) * (1/\text{área})$ | | |
| | = | 1,53E+02 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 7 | Impostos | | | |
| | custo = | 50 | R\$/ano | [h] |
| | energia = | $(\text{R\$/ano}) * (1/\text{área}) * (\text{US\$/R\$})$ | | |
| | = | 2,15E+00 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |

[a] Extraído de <http://www.cresesb.cepel.br/cgi-bin/sundatn> em 3 de novembro de 2004

[b] Extraído de http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_as.shtml em 29 de junho de 2004

[c] Odum, 2000a e b

[d] Rodríguez et al., 2002

[e] Odum, 1996

[f] Dado obtido através de SIG. Com o mapa de perda de solo do sítio e, através da ferramenta "identify" do ArcGIS, pegou-se alguns pontos e foi feita uma média aritmética.

[g] Brown, 2001

[h] Dados fornecido pelo proprietário.

[i] Apêndice 8.

[j] Cavalett, 2004.

9.9. APÊNDICE 9: Análise Emergética Setorial – Cultura Anual – 4,3 ha

Tabela 9.9.1. – Cálculo das receitas da área de cultura anual do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | Produção [kg/ano] | Preço de Venda [R\$/kg] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
|----------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|--|
| Milho | 3000 | 2400 | 0,35 | 195,35 |
| Girassol | 1000 | 710 | 0,30 | 49,53 |
| Feijão | 900 | 387 | 2,30 | 207,00 |
| Abóbora | 3500 | 280 | 0,90 | 58,60 |
| Mandioca | 10000 | 2000 | 1,10 | 511,63 |
| Batata Doce | 10000 | 500 | 0,90 | 104,65 |
| Arroz | 2500 | 400 | 5,00 | 465,12 |
| Soja | 2400 | 192 | 1,50 | 66,98 |
| Água | - | - | - | - |
| Total das receitas: | | | | 7.133,10 |

Tabela 9.9.2. – Cálculo dos custos de produção. Sítio Duas Cachoeiras, área de cultura anual (2003).

| Custos | Valor | Unidade | Conversão | Valor R\$/ano |
|----------------------|----------|------------|----------------------|-----------------|
| depreciação | 3160 | R\$/ano | | 0,00 |
| combustível | 200 | litros/ano | (2,00R\$/1 litro)= 2 | 400,00 |
| materiais manutenção | 200 | R\$/ano | | 200,00 |
| mão de obra simples | 1977,083 | R\$/ano | | 1977,08 |
| manutenção | 200 | R\$/ano | | 200,00 |
| impostos | 30 | R\$/ano | | 30,00 |
| serviços privados | 50 | R\$/ano | | 50,00 |
| telefone | 144 | R\$/ano | | 144,00 |
| Soma: | | | | 3.001,08 |

Tabela 9.9.3. – Cálculo dos nutrientes retirados do solo. Sítio Duas Cachoeiras, área de cultura anual (2003).

| Produto | Proteína [g] ^A | P [mg] ^A | K [mg] ^A | N [g] ^B | Ca[mg] ^A | Outros[mg] ^A |
|-------------|---------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| Milho | 9 | 210 | 287 | 1,44 | 7 | 167 |
| Girassol | 23 | 705 | 689 | 3,68 | 116 | 373 |
| Feijão | 4 | 37 | 187 | 0,64 | 17 | 28 |
| Abóbora | 1 | 44 | 340 | 0,16 | 21 | 14 |
| Mandioca | 1 | 27 | 271 | 0,16 | 16 | 35 |
| Batata Doce | 2 | 28 | 204 | 0,32 | 22 | 24 |
| Arroz | 15 | 433 | 427 | 2,4 | 21 | 194 |
| Soja | 13 | 194 | 620 | 2,08 | 197 | 86 |

^A Fonte: Tabela de Composição Química dos Alimentos. U.S. Departamento f Agriculture, Agricultural Research Service. Nutrient Database for Standar Reference, Release 14. Quantidade de nutrientes em 100g de amostra. <http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri..> Acessado em 18/06/2004.

^B A quantidade de nitrogênio vale aproximadamente a 16% da quantidade de proteína.

Tabela 9.9.5. – Cálculo da depreciação dos equipamentos e materiais. Sítio Duas Cachoeiras, área de cultura anual (2003).

| Item | Conversão | Valor (R\$/ano) |
|------------------|--|-----------------|
| Paiol | $(12\text{m}^2) \cdot (200\text{R}\$/\text{m}^2) / 20\text{anos} =$ | 120 |
| Trator | $(40000\text{R}\$) / 30\text{anos} =$ | 1333,33 |
| Oficina Mecânica | $(162\text{m}^2) \cdot (100\text{R}\$/\text{m}^2) / 30\text{anos} =$ | 540 |
| Galpão Grãos | $(100\text{m}^2) \cdot (100\text{R}\$/\text{m}^2) / 15\text{anos} =$ | 666,67 |
| Implementos | $(5000\text{R}\$) / 10\text{anos} =$ | 500 |
| Soma: | | 3.160,00 |

Tabela 9.9.4. – Cálculo dos nutrientes retirados do solo. Sítio Duas Cachoeiras, área de cultura anual (2003) - continuação.

| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | P [kg/ha.ano] | K [kg/ha.ano] | N [kg/ha.ano] | Ca [kg/ha.ano] | Outros [kg/ha.ano] |
|--------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| Milho | 3000 | 6,3 | 8,61 | 43,2 | 0,21 | 5,01 |
| Girassol | 1000 | 7,05 | 6,89 | 36,8 | 1,16 | 3,73 |
| Feijão | 900 | 0,333 | 1,683 | 5,76 | 0,153 | 0,252 |
| Abóbora | 3500 | 1,54 | 11,9 | 5,6 | 0,735 | 0,49 |
| Mandioca | 10000 | 2,7 | 27,1 | 16 | 1,6 | 3,5 |
| Batata Doce | 10000 | 2,8 | 20,4 | 32 | 2,2 | 2,4 |
| Arroz | 2500 | 10,825 | 10,675 | 60 | 0,525 | 4,85 |
| Soja | 2400 | 4,656 | 14,88 | 49,92 | 4,728 | 2,064 |
| Soma: | | 36,204 | 102,138 | 249,28 | 11,311 | 22,296 |

Tabela 9.9.6. – Cálculo dos fluxos da Tabela 45. Sítio Duas Cachoeiras, área de cultura anual (2003).

| Nota | | | Referência |
|------|------------------|-----------------------------|--|
| 1 | Sol | radiação solar = | 5,29 kWh/m ² .ano [a] |
| | | albedo = | 20 % Estimado |
| | | energia = | $(\text{radiação solar}) \cdot (100 - \text{albedo})$ |
| | | = | $(\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \cdot (3,6\text{E}6\text{J}/\text{kWh}) \cdot (1\text{E}4\text{m}^2/\text{ha}) \cdot ((100 - 20)/100)$ |
| | | = | 1,52E+11 J/ha.ano |
| | Transformidade = | 1 sej/J [Definição] | |
| 2 | Chuva | pluviosidade = | 1,25 m ³ /m ² .ano [b] |
| | | energia da água = | 5000 J/kg [l] |
| | | densidade da água = | 1000 kg/m ³ [l] |
| | | energia = | $(\text{kg}/\text{m}^3) \cdot (\text{J}/\text{kg}) \cdot (1\text{E}4\text{m}^2/\text{ha})$ |
| | | = | 6,25E+10 J/ha.ano |
| | Transformidade = | 4,70E+04 sej/J [c] | |
| 3 | Vento | densidade do ar = | 1,3 kg/m ³ [d] |
| | | média anual de velocidade = | 5,55 m/s Estimado |
| | | vento geotrópico = | 3,33 m/s 60% de 5,55 [d] |
| | | coeficiente de arraste = | 0,001 adimensional [d] |
| | | energia = | $(\text{área m}^2/\text{área ha}) \cdot (\text{kg}/\text{m}^3) \cdot (\text{m}/\text{s})^3 \cdot (0,001) \cdot (3,14\text{E}7\text{s}/\text{ano})$ |
| | | = | 1,51E+10 J/ha.ano |
| | Transformidade = | 2,45E+03 sej/J [c] | |

| | | | | | |
|----|--|-------------------------------|--|-----------------------------|----------|
| 4 | Nitrogênio | consumo = | 249,28 | kg/ha.ano | [m] |
| | | Transformidade = | 7,73E+12 | sej/kg | [e] |
| 5 | Fósforo | consumo = | 36,204 | kg/ha.ano | [m] |
| | | Transformidade = | 2,99E+13 | sej/kg | [e] |
| 6 | Potássio | consumo = | 102,138 | kg/ha.ano | [m] |
| | | Transformidade = | 2,92E+12 | sej/kg | [e] |
| 7 | Cálcio | consumo = | 11,311 | kg/ha.ano | [m] |
| | | Transformidade = | 1,68E+12 | sej/kg | [e] |
| 8 | Outros Minerais | consumo = | 22,296 | kg/ha.ano | [m] |
| | | Transformidade = | 1,71E+12 | sej/kg | [e] |
| 9 | Serviços Ambientais | gasto (agroquímicos) = | 7,00E+01 | R\$/ha.ano | |
| | | energia = | (R\$/ha.ano)*(US\$/R\$) | | |
| | | = | 2,10E+02 | US\$/ha.ano | |
| | | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 10 | Erosão do solo agrícola | perda de solo = | 40000 | kg/ha.ano | [f] |
| | | matéria orgânica = | 0,04 | kg matéria orgânica/kg solo | [d] |
| | | energia da matéria orgânica = | 5400 | kcal/kg | [d] |
| | | energia = | (kg/ha.ano)*(kgmat.org./kgsolo)*(kcal/kg)*(4186J/kcal) | | |
| | | = | 3,62E+10 | J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 7,40E+04 | sej/J | [g] | |
| 11 | Depreciação das Instalações e equipamentos | depreciação = | 3160 | R\$/ano | [m] |
| | | depreciação = | 244,96 | US\$/ha.ano | |
| | | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 12 | Combustível (inclui diesel, gasolina e lubrificantes) | consumo = | 200 | l/ano | [k] |
| | | densidade = | 0,75 | kg/l | [l] |
| | | energia do combustível = | 1000 | kcal/kg | [l] |
| | | energia = | (l/ano)*(1/área)*(kg/l)*(kcal/kg)*(4186J/kcal) | | |
| | | = | 1,46E+08 | J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 1,11E+05 | sej/J | [e] | |
| 13 | Materiais para manutenção | consumo = | 200 | R\$/ano | [k] |
| | | energia = | (R\$/ano)*(1/área)*(US\$/R\$) | | |
| | | = | 1,55E+01 | US\$/ha.ano | |
| | | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 14 | Esterco | consumo = | 2,20E+04 | kg/ano | [k] |
| | | valor calórico = | 5,00E+03 | kcal/kg | Estimado |
| | | energia = | (kg/ano)*(kcal/kg)*4186*(1/área) | | |
| | | = | 1,07E+11 | J/ha.ano | |
| | | Transformidade = | 2,65E+04 | sej/J | [i] |

| | | | | |
|-----------|--------------------------------|---|----------------|-----|
| 15 | Mão-de-obra simples (a) | | | |
| | n°. de pessoas = | 1 | pessoas | [k] |
| | salário pago = | 260 | R\$/pessoa.mês | [k] |
| | horas de trabalho = | 4 | h/dia | |
| | gasto anual = | 1581,67 | R\$/ano | |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (US\$/R\$) \cdot (1/\acute{a}rea)$ | | |
| | = | 1,23E+02 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 15 | Mão-de-obra simples (b) | | | |
| | n°. de pessoas = | 2 | pessoas | [k] |
| | salário pago = | 130 | R\$/pessoa.mês | [k] |
| | horas de trabalho = | 1 | h/dia | [k] |
| | gasto anual = | 395,42 | R\$/ano | |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (US\$/R\$) \cdot (1/\acute{a}rea)$ | | |
| | = | 30,7 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | [i] |
| 16 | Mão-de-obra familiar | | | |
| | n°. de pessoas = | 2 | pessoas | [k] |
| | salário (virtualmente) pago = | 260 | 260 | |
| | horas de trabalho = | 4 | h/dia | [k] |
| | gasto anual = | 1040 | R\$/ano | [k] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (US\$/R\$) \cdot (1/\acute{a}rea)$ | | |
| | = | 80,6 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | [i] |
| 17 | Manutenção | | | |
| | custo = | 200 | R\$/ano | [k] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 1,55E+01 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 18 | Impostos | | | |
| | custo = | 30 | R\$/ano | [k] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 2,33E+00 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 19 | Serviços privados | | | |
| | custo = | 50 | R\$/ano | [k] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 3,88E+00 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |
| 20 | Telefone | | | |
| | custo = | 144 | R\$/ano | [k] |
| | energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 3,10E+01 | US\$/ha.ano | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |

[a] Extraído de <http://www.cresesb.cepel.br/cgi-bin/sundatn> em 3 de novembro de 2004

[b] Extraído de http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_as.shtml em 29 de junho de 2004

[c] Odum, 2000a e b

[d] Rodríguez et al., 2002

[e] Odum, 1996

[f] Dado obtido através de SIG. Com o mapa de perda de solo do sítio e, através da ferramenta "identify" do ArcGIS, pegou-se alguns pontos e foi feita uma média aritmética.

[g] Brown, 2001

[h] O valor calórico foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos: <http://www.fcf.usp.br/tabela>

[i] Extraído de <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm> em 23/11/2004

[j] Dado obtido através de conversa com produtores convencionais da região de estudo.

[k] Dado fornecido pelo proprietário.

[l] Cavalett, 2004.

[m] Apêndice 9.

9.10. APÊNDICE 10: Análise Emergética Setorial – Pomar – 0,30 ha

Tabela 9.10.1. – Cálculo das receitas da área de pomar do Sítio Duas Cachoeiras (2003).

| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | Produção [kg/ano] | Preço de Venda [R\$/kg] | Dinheiro Recebido pelas Vendas [R\$/ano] |
|----------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|--|
| Frutas | 10000,00 | 3000 | 0,70 | 2100 |
| Água | - | - | - | - |
| Total das receitas: | | | | 2.100,00 |

Tabela 9.10.2. – Cálculo dos custos de produção. Sítio Duas Cachoeiras, área de pomar (2003).

| Custos | Valor | Unidade | Conversão | Valor R\$/ano |
|----------------------|--------|------------|----------------------|---------------|
| depreciação | 50 | R\$/ano | | 50,00 |
| combustível | 50 | litros/ano | (2,00R\$/1 litro)= 2 | 100,00 |
| materiais manutenção | 100 | R\$/ano | | 100,00 |
| mão de obra simples | 593,13 | R\$/ano | | 593,13 |
| manutenção | 100,00 | R\$/ano | | 100,00 |
| impostos | 5 | R\$/ano | | 5,00 |
| serviços privados | 5 | R\$/ano | | 5,00 |
| telefone | 30 | R\$/ano | | 30,00 |
| Soma: | | | | 983,13 |

Tabela 9.10.3. – Cálculo dos nutrientes retirados do solo. Sítio Duas Cachoeiras, área de pomar (2003).

| Produto | Proteína [g] ^A | P [mg] ^A | K [mg] ^A | N [g] ^B | Ca[mg] ^A | Outros[mg] ^A |
|---------|---------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| Frutas | 1 | 11 | 156 | 0,16 | 10 | 11 |

^A Fonte: Tabela de Composição Química dos Alimentos. U.S. Departamento f Agriculture, Agricultural Research Service. Nutrient Database for Standar Reference, Release 14. Quantidade de nutrientes em 100g de amostra. <http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri..> Acessado em 18/06/2004.

^B A quantidade de nitrogênio vale aproximadamente a 16% da quantidade de proteína.

Tabela 9.10.4. – Cálculo dos nutrientes retirados do solo. Sítio Duas Cachoeiras, área de pomar (2003) - continuação.

| Produto | Produtividade [kg/ha.ano] | P [kg/ha.ano] | K [kg/ha.ano] | N [kg/ha.ano] | Ca [kg/ha.ano] | Outros [kg/ha.ano] |
|--------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|
| Frutas | 10000 | 1,1 | 15,6 | 16 | 1 | 1,1 |
| Soma: | | 1,1 | 15,6 | 16 | 1 | 1,1 |

Tabela 9.10.5. – Cálculo da depreciação dos equipamentos e materiais. Sítio Duas Cachoeiras, área de pomar (2003).

| Item | Conversão | Valor (R\$/ano) |
|-------------------------|---------------------|-----------------|
| Implementos (Roçadeira) | (500R\$) /10 anos = | 50 |
| Soma: | | 50 |

Tabela 9.10.6. – Cálculo dos fluxos da Tabela 48. Sítio Duas Cachoeiras, área de pomar (2003).

| Nota | | | | Referência |
|------|--------------------------------|-------------------------------|---|-------------|
| 1 | Sol | radiação solar = | 5,29 kWh/m ² .ano | [a] |
| | | albedo = | 20 % | Estimado |
| | | energia = | (radiação solar)*(100-albedo) | |
| | | = | (kWh/m ² .ano)*(3,6E6J/1kWh)*(1E4m ² /ha)*((100-20)/100) | |
| | | = | 1,52E+11 J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 1 sej/J | [Definição] | |
| 2 | Chuva | pluviosidade = | 1,25 m ³ /m ² .ano | [b] |
| | | energia da água = | 5000 J/kg | [l] |
| | | densidade da água = | 1000 kg/m ³ | [l] |
| | | energia = | (kg/m ³)*(J/kg)*(1E4m ² /ha) | |
| | | = | 6,25E+10 J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 4,70E+04 sej/J | [c] | |
| 3 | Vento | densidade do ar = | 1,3 kg/m ³ | [d] |
| | | média anual de velocidade = | 5,55 m/s | Estimado |
| | | vento geotrópico = | 3,33 m/s | 60% de 5,55 |
| | | coeficiente de arraste = | 0,001 adimensional | [d] |
| | | energia = | (área m ² /área ha)*(kg/m ³)*(m/s) ³ *(0,001)*(3,14E7s/ano) | |
| = | 1,51E+10 J/ha.ano | | | |
| | Transformidade = | 2,45E+03 sej/J | [c] | |
| 4 | Nitrogênio | consumo = | 16 kg/ha.ano | [m] |
| | | Transformidade = | 7,73E+12 sej/kg | [e] |
| 5 | Fósforo | consumo = | 1,1 kg/ha.ano | [m] |
| | | Transformidade = | 2,99E+13 sej/kg | [e] |
| 6 | Potássio | consumo = | 15,6 kg/ha.ano | [m] |
| | | Transformidade = | 2,92E+12 sej/kg | [e] |
| 7 | Cálcio | consumo = | 1 kg/ha.ano | [m] |
| | | Transformidade = | 1,68E+12 sej/kg | [e] |
| 8 | Outros Minerais | consumo = | 1,1 kg/ha.ano | [m] |
| | | Transformidade = | 1,71E+12 sej/kg | [e] |
| 9 | Serviços ambientais | gasto (agroquímicos) = | 2,00E+01 R\$/ha.ano | [j] |
| | | energia = | (R\$/ha.ano)*(US\$/R\$) | |
| | | = | 6,00E+01 US\$/ha.ano | |
| | | Transformidade = | 3,30E+12 sej/US\$ | |
| 10 | Erosão do solo agrícola | perda de solo = | 2000 kg/ha.ano | [f] |
| | | matéria orgânica = | 0,04 kg matéria orgânica/kg solo | [d] |
| | | energia da matéria orgânica = | 5400 kcal/kg | [d] |
| | | energia = | (kg/ha.ano)*(kgmat.org./kgsolo)*(kcal/kg)*(4186J/kcal) | |
| | | = | 1,81E+09 J/ha.ano | |
| | Transformidade = | 7,40E+04 sej/J | [g] | |

| | | | | | |
|-----------|--|--|----------------|--|----------|
| 11 | Depreciação das Instalações e equipamentos | | | | |
| | depreciação = | 133,33 | US\$/ha.ano | | [m] |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | | |
| 12 | Combustível (inclui diesel, gasolina e lubrificantes) | | | | |
| | consumo = | 50 | l/ano | | [k] |
| | densidade = | 0,75 | kg/l | | [l] |
| | energia do combustível = | 1000 | kcal/kg | | [l] |
| | energia = | $(l/ano)*(1/área)*(kg/l)*(kcal/kg)*(4186J/kcal)$ | | | |
| | = | 5,23E+08 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 1,11E+05 | sej/J | | [e] |
| 13 | Materiais para manutenção | | | | |
| | consumo = | 100 | R\$/ano | | [k] |
| | energia = | $(R\$/ano)*(1/área)*(US\$/R\$)$ | | | |
| | = | 1,11E+02 | US\$/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | | |
| 14 | Esterco | | | | |
| | consumo = | 5,00E+03 | kg/ano | | [k] |
| | valor calórico = | 5,00E+03 | kcal/kg | | Estimado |
| | energia = | $(kg/ano)*(kcal/kg)*4186*(1/área)$ | | | |
| | = | 3,49E+11 | J/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 2,65E+04 | sej/J | | [i] |
| 15 | Mão-de-obra simples | | | | |
| | n°. de pessoas = | 1 | pessoas | | [k] |
| | salário pago = | 260 | R\$/pessoa.mês | | [k] |
| | horas de trabalho por dia = | 1,5 | h/dia | | [k] |
| | gasto anual = | 593,13 | R\$/ano | | |
| | energia = | $(R\$/ano)*(US\$/R\$)*(1/área)$ | | | |
| | = | 5930 | US\$/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | | |
| 16 | Mão-de-obra familiar | | | | |
| | n°. de pessoas = | 1 | pessoas | | [k] |
| | salário (virtualmente) pago = | 260 | R\$/pessoa.mês | | |
| | horas de trabalho por dia = | 1,5 | h/dia | | [k] |
| | gasto anual = | 593,13 | R\$/ano | | |
| | energia = | $(R\$/ano)*(US\$/R\$)*(1/área)$ | | | |
| | = | 5930 | US\$/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | | [i] |
| 17 | Manutenção | | | | |
| | custo = | 100 | R\$/ano | | [k] |
| | energia = | $(R\$/ano)*(1/área)*(US\$/R\$)$ | | | |
| | = | 1,00E+03 | US\$/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | | |
| 18 | Impostos | | | | |
| | custo = | 5 | R\$/ano | | [k] |
| | energia = | $(R\$/ano)*(1/área)*(US\$/R\$)$ | | | |
| | = | 5,56 | US\$/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | | |
| 19 | Serviços privados | | | | |
| | custo = | 5 | R\$/ano | | [k] |
| | energia = | $(R\$/ano)*(1/área)*(US\$/R\$)$ | | | |
| | = | 5,56 | US\$/ha.ano | | |
| | Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | | |

20 Telefone

| | | | |
|------------------|---|----------|-------------|
| custo = | 30 | R\$/ano | [k] |
| energia = | $(R\$/ano) \cdot (1/\acute{a}rea) \cdot (US\$/R\$)$ | | |
| | = | 3,33E+01 | US\$/ha.ano |
| Transformidade = | 3,30E+12 | sej/US\$ | |

[a] Extraído de <http://www.cresesb.cepel.br/cgi-bin/sundatn> em 3 de novembro de 2004

[b] Extraído de http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_as.shtml em 29 de junho de 2004

[c] Odum, 2000a e b

[d] Rodríguez et al., 2002

[e] Odum, 1996

[f] Dado obtido através de SIG. Com o mapa de perda de solo do sítio e, através da ferramenta "identify" do ArcGIS, pegou-se alguns pontos e foi feita uma média aritmética.

[g] Brown, 2001

[h] O valor calórico foi extraído da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos: <http://www.fcf.usp.br/tabela>

[i] Extraído de <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm> em 23/11/2004

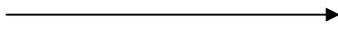
[j] Dado obtido através de conversa com produtores convencionais da região de estudo.

[k] Dado fornecido pelo proprietário.

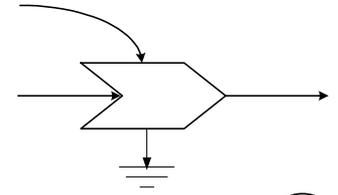
[l] Cavalett, 2004.

[m] Apêndice 10.

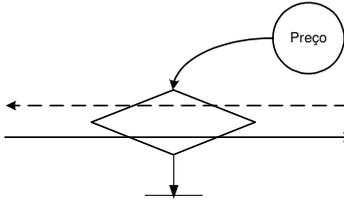
9.11. ANEXO 1: Símbolos utilizados nos diagramas ecossistêmicos



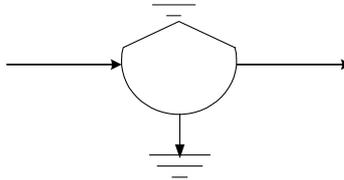
Fluxo de Energia: Um fluxo cuja vazão é proporcional ao volume do estoque ou à necessidade da fonte que o produz.



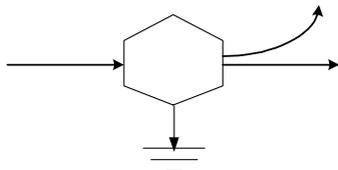
Interação: Intersecção interativa de dois fluxos para produzir uma saída em proporção a uma função de ambos ou controle de ação de um fluxo sobre outro.



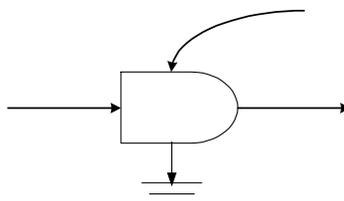
Transação: Uma unidade que indica a venda de bens ou serviços (linha contínua) em troca de um pagamento em dinheiro (linha tracejada). O preço é mostrado na figura como fonte de energia externa.



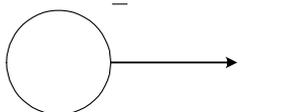
Depósito: Uma reserva energética dentro do sistema, que guarda uma quantidade de energia de acordo com o balanço de entrada e saída (variáveis de estado).



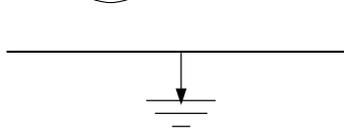
Consumidor: Unidade que transforma a qualidade da energia, armazena e retro-alimenta energia à etapa anterior (sistema autocatalítico) para melhorar o fluxo de energia que recebe.



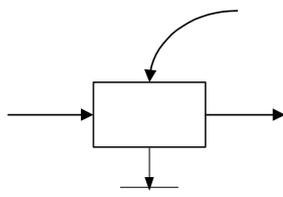
Produtor: Unidade que coleta e transforma energia de baixa qualidade (baixa intensidade) sob a ação de um fluxo de energia de alta qualidade.



Fonte: Um recurso externo que fornece energia de acordo com um programa controlado externamente (função força).



Sumidouro de energia: Dispersão de energia potencial empregada no sistema. A energia potencial é utilizada para produzir trabalho e o custo dessa transformação é a degradação da energia, a qual abandona o sistema como energia de baixa intensidade. Todos os processos de interação e os armazenamentos dispõem energia.



Caixa: Símbolo de uso múltiplo que pode ser usado para representar uma unidade de consumo e produção dentro de um sistema maior, representando assim, um subsistema.

Fonte: Adaptado de Odum (1996).

9.12. ANEXO 2: Código fonte da rotina utilizada no cálculo do fator LS

```
/*
/*****
/*
/*RUSLE_LS_4_PC.AML
/*
/*Calculates LS Factor using DEM data according to RUSLE-based criteria.
/*
/*Code prepared by: Rick D. Van Remortel, Lockheed Martin Environmental
/*Services, Las Vegas, NV, latest draft dated Dec 2003. Other primary
/*contributors are: Robert J. Hickey, Central Washington University,
/*Ellensburg, WA; Mathew E. Hamilton and Robert W. Maichle, Lockheed
/*Martin Environmental Services, Las Vegas, NV.
/*
/*RUSLE Version 4
/*Corrects computational order of operations for S-constituent elements from
/*previous versions, which results in a more accurate LS factor estimate for RUSLE.
/*
/*RUSLE Version 3 (May 2002; revised Aug 2003 to correct rounding problem in final
/*LS grid) increased speed by inverting order of slope-length re-initialization code;
/*adjusted slope angle code to get more consistent results on assignment of minimum
/*slope gradients; adjusted cell length code to make more generic and solve ESRI's
/*ArcInfo 7 error with "in" function and resultant portability to ArcInfo 8 on PC.
/*
/*RUSLE Version 2 added more caveats about watershed catchment configuration of
/*input DEM, and modified number of nodata check grids that were produced in the
/*initial RUSLE Version 1.
/*
/*Original USLE-based AML code written by Robert Hickey, USLE Version 1 documented by
/*Hickey et al. (1994) and USLE Version 2 by Hickey (2000). The USLE Version 2 code
/*was modified by Rick Van Remortel and Matt Hamilton, Lockheed Martin Environmental
/*Services, Las Vegas, NV, with a RUSLE focus, to change a few of the assumptions
/*about filled sinks and flat areas, and to address the handling of any residual
/*nodata strips near the watershed boundary, allow assignment of separate slope
/*cutoff factors for different slope ranges, and utilize LS-calculation algorithms
/*in accordance with numerous RUSLE improvements documented in McCool et al. (1997)
/*as Chapter 4 within the RUSLE Handbook (Renard et al. (1997). A journal article
/*describing the RUSLE-based AML has been published with the following citation:
/*Van Remortel, R.D., M.E. Hamilton, and R.J. Hickey. 2001. Estimating
/*the LS factor for RUSLE through iterative slope length processing of digital
/*elevation data within ArcInfo Grid. Cartography Vol. 30, No. 1, Pg. 27-35.
/*
/*Tested on: ArcInfo Workstation 8.2 on WinXP
/*
/*Notes for the user:
/*
/*Steeper, longer slopes produce higher overland flow velocities, but soil loss
/*is much more sensitive to changes in S than to changes in L. The RUSLE effects
/*of irregular and segmented slope shapes are not addressed within the AML.
/*
/*LS calculation algorithms are based on the RUSLE research of McCool et al. (1997)
/*which corrects slope length for horizontal projection; useful in GIS where slope
/*lengths are measured off grid cells or maps (x,y) instead of in the field (x,y,z).
/*
/*The AML calculates slope length from high points (e.g., ridgetops) towards low points
```

```

/*such as the watershed pour point or other outlet. An administratively-defined
/*watershed (e.g., HUC) may not be suitable unless it's also a hydrologically defined
/*catchment area. The ideal input for generating an LS-factor grid is a DEM dataset
/*(e.g., NED) of suitable extent that has been either clipped or enlarged to encompass
/*the zone of interest plus any additional relevant catchment area. To avoid any
/*scale-induced edge effects, the mapextent should be slightly larger than the area of
/*interest. Make sure DEM elevation units are the same as horizontal distance units
/*(the default is meters).
/*
/*The output from the L and S calculations should be closely examined to ensure
/*that the calculations are being applied properly and that there are no significant
/*format problems with the input DEM data. If processing difficulties occur with the
/*use of a floating-point format, truncating or rounding to an integer format may be
/*advisable as many DEM product suppliers will not attest to the significance of
/*decimal digits in their data sets. The presence of horizontal or vertical stippling,
/*corn-rowing, or edge-matching anomalies in the DEM can yield erratic or discontinuous
/*slope length features. There are smoothing algorithms available that may correct
/*some of the DEM irregularities but will also result in unwanted smoothing
/*or generalization of other DEM elevation cells that did not require any such
/*correction. If utilized, DEM-enhancement algorithms should be well-documented and
/*applied with caution to avoid gross over-extension of slope lengths.
/*
/*Define slope angle (theta) in degrees (inverse tangent of %slope gradient). The
/*slope cutoff factor (a value between 0 and 1) is the relative change in slope
/*angle that will cause the slope length cumulation to end and start over with the
/*next downslope cell; a high factor value will cause the slope length cumulation
/*to end more easily than a small factor value, i.e., a smaller slope differential
/*between cells is required to end cumulation when using a factor of 0.7 versus
/*using a factor of 0.5 (the opposite of what one would initially think). This
/*is a very important consideration for the initial settings, so use care.
/*
/*The routine periodically uses 1-cell buffer grid to avoid nodata around edges;
/*this will often be sufficient to prevent edge errors for many accurately clipped
/*input DEMs; however, adding a buffer of about 10 cells to the input watershed DEM
/*is recommended to ensure that possible "trapped pools" or strips of nodata
/*cells near the outer border of the watershed can later be clipped out of the
/*LS-factor grid using the actual watershed boundary.
/*
/*****

```

```
&echo &off
```

```
/*define a root prefix name (4 characters or less) for study area.
```

```
&type
```

```
&sv sa = [response 'Enter a study area root prefix name, 4 characters or less']
```

```
/*identify the workspace containing DEM and study area boundary grids.
```

```
&type
```

```
&sv ws = [response 'Enter full path to workspace holding DEM and boundary grids']
```

```
&if [exists %ws% -workspace] &then
```

```
  &goto skipto11
```

```
&if ^ [exists %ws% -workspace] &then
```

```
  &do
```

```
    &type
```

```

&type NOTE: Wrong path identified!
&sv ws = [response 'Re-enter full path to workspace holding DEM and boundary grids']
&end
&label skipto11

/*specify input dem elevation grid name.
&type
&sv dem_input = [response 'Enter name of the input DEM grid']

/*specify watershed boundary grid for clipping final LS grid.
&type
&sv wshed = [response 'Enter name of study area boundary grid']

/*identify DEM units, ensure vertical & horizontal are same.
&type
&sv demunits = [response 'Enter DEM measurement units, meters or feet ']
&if [null %demunits%] &then
  &sv demunits = meters
&if %demunits% eq meters or %demunits% eq feet &then
  &goto skipto12
&if %demunits% ne meters or %demunits% ne feet &then
  &do
    &type
    &type NOTE: Wrong DEM vertical/horizontal units!
    &sv demunits = [response 'Re-enter DEM measurement units, meters or feet ']
    &if [null %demunits%] &then
      &sv demunits = meters
    &end
  &label skipto12

/*set slope cutoff factors for ending/beginning slope length cumulation; use
/*different factors for lt or ge 5 percent slope gradients.
&type
&sv scf_lt5 = [response 'Enter slope cutoff factor for slopes < 5% : suggested = .7']
&if [null %scf_lt5%] &then
  &sv scf_lt5 = .7
&if %scf_lt5% lt 1.1 &then
  &goto skipto13
&if %scf_lt5% ge 1.1 &then
  &do
    &type
    &type NOTE: Erroneous factor value!
    &sv scf_lt5 = [response 'Re-enter slope cutoff factor for slopes < 5% : suggested = .7']
    &if [null %scf_lt5%] &then
      &sv scf_lt5 = .7
    &end
  &label skipto13
&type
&sv scf_ge5 = [response 'Enter slope cutoff factor for slopes >= 5% : suggested = .5']
&if [null %scf_ge5%] &then
  &sv scf_ge5 = .5
&if %scf_ge5% lt 1.1 &then
  &goto skipto14
&if %scf_ge5% ge 1.1 &then
  &do
    &type

```

```

&type NOTE: Erroneous factor value!
&sv scf_ge5 = [response 'Re-enter slope cutoff factor for slopes >= 5% : suggested = .5']
&if [null %scf_ge5%] &then
  &sv scf_ge5 = .5
&end
&label skipto14

w %ws%
&if ^ [exists ls_rusle -workspace] &then
  cw ls_rusle
w ls_rusle

&wat runspecs.log
&type %sa%
&type %ws%
&type %dem_input%
&type %wshed%
&type %demunits%
&type %scf_lt5%
&type %scf_ge5%
&wat &off

grid
setwindow ..\%dem_input%
setcell ..\%dem_input%

/*create filled dem grid using Hickey's alternative to the Grid fill command; this
/*one uses a sliding 1-cell donut annulus applied to an individual sink cell
/*to adopt the minimum value of its octagonal neighbors, thus filling the sink.
&if [exists dem_fill -grid] &then
  kill dem_fill all
&if [exists dem_fill2 -grid] &then
  kill dem_fill2 all
dem_fill = ..\%dem_input%
finished = scalar(0)
&do &until [show scalar finished] eq 1
  finished = scalar(1)
  rename dem_fill dem_fill2
  if (focalflow(dem_fill2) eq 255) {
    dem_fill = focalmin (dem_fill2, annulus, 1, 1)
    test_grid = 0
  }
  else {
    dem_fill = dem_fill2
    test_grid = 1
  }
endif
kill dem_fill2 all
/*test for no more sinks filled
docell
  finished {= test_grid
end
kill test_grid all
&end

/*create inflow and outflow direction grids which assign possible inflow or

```

```

/*outflow direction values within a cell's immediate octagonal neighborhood;
/*these grids may legitimately include a few cells with values corresponding to
/*other than the primary orthogonal or diagonal directions.
&if [exists flowdir_in -grid] &then
    kill flowdir_in all
flowdir_in = focalflow (dem_fill)
/*create outflow direction grid
&if [exists flowdir_out -grid] &then
    kill flowdir_out all
flowdir_out = flowdirection (dem_fill)

&describe dem_fill
/*reset window to include a 1-cell buffer around input DEM boundary.
setwindow [calc [show scalar $$wx0] - [show scalar $$cellsize]] ~
    [calc [show scalar $$wy0] - [show scalar $$cellsize]] ~
    [calc [show scalar $$wx1] + [show scalar $$cellsize]] ~
    [calc [show scalar $$wy1] + [show scalar $$cellsize]]
/*create 1-cell buffer dem to change nodata (nd) on edge cells to a value
&if [exists dem_fill_b -grid] &then
    kill dem_fill_b all
dem_fill_b = con (isnull(dem_fill), focalmin(dem_fill), dem_fill)
kill dem_fill all

/*set cell length for orthogonal and diagonal flow directions.
&sv cell = [show scalar $$cellsize]
&sv cellorth = (1.00 * %cell%)
&sv celldiag = (1.4142 * %cellorth%)

/*calculate downslope angle in degrees for each cell; amended previous code to reset
/*groups of "flat" cells (0.0-degree slope by default, where flowdir_out ^= octagonal
/*direction) to a value >0.00 and <0.57 (inv. tan of 1% gradient); suggested value
/*is 0.1; new assumption is that all cells, even essentially flat areas such as dry
/*lakes, have slope > 0.00 degrees; this ensures that all cells remain connected to
/*the flow network, and therefore are assigned a slope angle and final LS factor
/*value, however small it might be; the () below prevents problems that occur with
/*using whole numbers.
&if [exists down_slp_ang -grid] &then
    kill down_slp_ang all
if (flowdir_out eq 64)
    down_slp_ang = deg * atan((dem_fill_b - dem_fill_b(0, -1)) div %cellorth%)
else if (flowdir_out eq 128)
    down_slp_ang = deg * atan((dem_fill_b - dem_fill_b(1, -1)) div %celldiag%)
else if (flowdir_out eq 1)
    down_slp_ang = deg * atan((dem_fill_b - dem_fill_b(1, 0)) div %cellorth%)
else if (flowdir_out eq 2)
    down_slp_ang = deg * atan((dem_fill_b - dem_fill_b(1, 1)) div %celldiag%)
else if (flowdir_out eq 4)
    down_slp_ang = deg * atan((dem_fill_b - dem_fill_b(0, 1)) div %cellorth%)
else if (flowdir_out eq 8)
    down_slp_ang = deg * atan((dem_fill_b - dem_fill_b(-1, 1)) div %celldiag%)
else if (flowdir_out eq 16)
    down_slp_ang = deg * atan((dem_fill_b - dem_fill_b(-1, 0)) div %cellorth%)
else if (flowdir_out eq 32)
    down_slp_ang = deg * atan((dem_fill_b - dem_fill_b(-1, -1)) div %celldiag%)
else
    down_slp_ang = 0.1

```

```

endif
&if [exists down_slp_ang2 -grid] &then
  kill down_slp_ang2 all
down_slp_ang2 = con (down_slp_ang eq 0, 0.1, down_slp_ang)
kill down_slp_ang all
rename down_slp_ang2 down_slp_ang

/*reset window to normal extent and clip downslope grid, rename as original name.
setwindow ..\%dem_input%
&if [exists down_slp_ang2 -grid] &then
  kill down_slp_ang2 all
down_slp_ang2 = down_slp_ang
kill down_slp_ang
rename down_slp_ang2 down_slp_ang

/*calculate cell slope length considering orthogonal & diagonal outflow dir.
&if [exists slp_lgth_cell -grid] &then
  kill slp_lgth_cell all
if (flowdir_out eq 2)
  slp_lgth_cell = %celldiag%
else if (flowdir_out eq 8)
  slp_lgth_cell = %celldiag%
else if (flowdir_out eq 32)
  slp_lgth_cell = %celldiag%
else if (flowdir_out eq 128)
  slp_lgth_cell = %celldiag%
else
  slp_lgth_cell = %cellorth%
endif

/*reset window to buffer extent, create outflow dir grid w/ buffer cells eq 0.
setwindow dem_fill_b
&if [exists flowdir_out_b -grid] &then
  kill flowdir_out_b all
flowdir_out_b = con (isnull(flowdir_out), 0, flowdir_out)
kill flowdir_out all

/*create initial cumulative slope length grid and do bitwise compare of flowdir_in
/*with flowdir_out to find normally flowing cells, set these to nodata, then
/*calculate high points (includes filled sinks) to 1/2 cell length.
&if [exists slp_lgth_cum -grid] &then
  kill slp_lgth_cum all
if ((flowdir_in && 64) and (flowdir_out_b(0, -1) eq 4))
  slp_lgth_cum = setnull(1 eq 1)
else if ((flowdir_in && 128) and (flowdir_out_b(1, -1) eq 8))
  slp_lgth_cum = setnull(1 eq 1)
else if ((flowdir_in && 1) and (flowdir_out_b(1, 0) eq 16))
  slp_lgth_cum = setnull(1 eq 1)
else if ((flowdir_in && 2) and (flowdir_out_b(1, 1) eq 32))
  slp_lgth_cum = setnull(1 eq 1)
else if ((flowdir_in && 4) and (flowdir_out_b(0, 1) eq 64))
  slp_lgth_cum = setnull(1 eq 1)
else if ((flowdir_in && 8) and (flowdir_out_b(-1, 1) eq 128))
  slp_lgth_cum = setnull(1 eq 1)
else if ((flowdir_in && 16) and (flowdir_out_b(-1, 0) eq 1))
  slp_lgth_cum = setnull(1 eq 1)

```

```

else if ((flowdir_in && 32) and (flowdir_out_b(-1, -1) eq 2))
  slp_lgth_cum = setnull(1 eq 1)
else
  slp_lgth_cum = 0.5 * slp_lgth_cell
endif

/*set beginning slope length points (high points and filled sinks) to be added back
/*in later after slope lengths for all other cells have been determined for each
/*iteration; beginning points will have a value of 1/2 their cell slope length;
/*a beginning point is a cell that has no points flowing into it or if the only
/*cells flowing into it are of equal elevation; amended previous code to change
/*assumption that "flat" high points get a value of zero cell slope length to
/*1/2-cell slope length; the new assumption is that the minimum cumulative
/*slope length is 1/2 cell slope length even for filled sinks and "flat" high
/*points, thereby ensuring the LS factor value for every cell > 0.00.
&if [exists slp_lgth_beg -grid] &then
  kill slp_lgth_beg all
slp_lgth_beg = con (isnull(slp_lgth_cum), %cell%, slp_lgth_cum)

/*assign slope-end factor where slope length cumulation is ended; amended previous
/*code to use RUSLE guidelines suggesting that a slope break of 5% (2.8624 deg angle)
/*separates two different erosion/deposition regimes for gentle and steep slopes;
/*this is also a convenient break to address concentration dependency issues, where
/*the effects of relative changes in slope are inordinately amplified at lower gradients;
/*for slope gradients of < 5%, use a higher factor than for >= 5%; this makes it easier
/*on shallower slopes to end erosion and begin deposition; i.e., a higher cutoff factor
/*means that less slope reduction is needed to end cumulation.
&if [exists slp_end_fac -grid] &then
  kill slp_end_fac all
if (down_slp_ang lt 2.8624)
  slp_end_fac = %scf_lt5%
else if (down_slp_ang ge 2.8624)
  slp_end_fac = %scf_ge5%
endif

/*remove any residual directional grids if present from a previous run.
&if [exists fromcell_n -grid] &then
  kill fromcell_n all
&if [exists fromcell_ne -grid] &then
  kill fromcell_ne all
&if [exists fromcell_e -grid] &then
  kill fromcell_e all
&if [exists fromcell_se -grid] &then
  kill fromcell_se all
&if [exists fromcell_s -grid] &then
  kill fromcell_s all
&if [exists fromcell_sw -grid] &then
  kill fromcell_sw all
&if [exists fromcell_w -grid] &then
  kill fromcell_w all
&if [exists fromcell_nw -grid] &then
  kill fromcell_nw all

/*amended previous code to set up additional nodata tests that create a series of
/*nodata grids to track progress of run; reset window to normal extent, use filled
/*dem grid to mask testing of buffer cells.

```

```

setwindow ..\%dem_input%
setmask ..\%dem_input%
ndcell = scalar(1)
/*amended previous code to set iterative nodata cell count grids to zero.
&if [exists slp_lgth_nd2 -grid] &then
  kill slp_lgth_nd2 all
slp_lgth_nd2 = 0
&sv warn = .FALSE.

/*begin iterative loop to calculate cumulative slope length for every cell.
&sv finished = .FALSE.
&sv n = 1
&do &until %finished%

/*keep copy of previous iterations's max cumulation grid to check progress.
&if [exists slp_lgth_prev -grid] &then
  kill slp_lgth_prev all
copy slp_lgth_cum slp_lgth_prev

&sv counter = 0
&do counter = 1 &to 8
/*set variables for the if that follows.
&select %counter%
  &when 1
    &do
      &sv fromcell_dir = fromcell_n
      &sv dirfrom = 4
      &sv dirpossto = 64
      &sv cellcol = 0
      &sv cellrow = -1
    &end
  &when 2
    &do
      &sv fromcell_dir = fromcell_ne
      &sv dirfrom = 8
      &sv dirpossto = 128
      &sv cellcol = 1
      &sv cellrow = -1
    &end
  &when 3
    &do
      &sv fromcell_dir = fromcell_e
      &sv dirfrom = 16
      &sv dirpossto = 1
      &sv cellcol = 1
      &sv cellrow = 0
    &end
  &when 4
    &do
      &sv fromcell_dir = fromcell_se
      &sv dirfrom = 32
      &sv dirpossto = 2
      &sv cellcol = 1
      &sv cellrow = 1
    &end
  &when 5

```

```

&do
  &sv fromcell_dir = fromcell_s
  &sv dirfrom = 64
  &sv dirpossto = 4
  &sv cellcol = 0
  &sv cellrow = 1
&end
&when 6
&do
  &sv fromcell_dir = fromcell_sw
  &sv dirfrom = 128
  &sv dirpossto = 8
  &sv cellcol = -1
  &sv cellrow = 1
&end
&when 7
&do
  &sv fromcell_dir = fromcell_w
  &sv dirfrom = 1
  &sv dirpossto = 16
  &sv cellcol = -1
  &sv cellrow = 0
&end
&when 8
&do
  &sv fromcell_dir = fromcell_nw
  &sv dirfrom = 2
  &sv dirpossto = 32
  &sv cellcol = -1
  &sv cellrow = -1
&end
&end

/*test flow source cell for nodata using n-notation, control downslope cell
/*advance. First test inflow and outflow direction grids for possible flow
/*source cell.
if (not(flowdir_in && %dirpossto%))
  %fromcell_dir% = 0
else if (flowdir_out_b(%cellcol%, %cellrow%) <> %dirfrom%)
  %fromcell_dir% = 0
/*then test current cell with respect to source cell slope-end factor cutoff
/*criteria; if met, set to 0 to start cumulation at and below the cell.
else if (down_slp_ang lt (down_slp_ang(%cellcol%, %cellrow%) * slp_end_fac))
  %fromcell_dir% = 0
else if (down_slp_ang ge (down_slp_ang(%cellcol%, %cellrow%) * slp_end_fac))
  %fromcell_dir% = slp_lgth_prev(%cellcol%, %cellrow%) + ~
    slp_lgth_cell(%cellcol%, %cellrow%)
else if (isnull(slp_lgth_prev(%cellcol%, %cellrow%)))
  %fromcell_dir% = setnull(1 eq 1)
else
  %fromcell_dir% = 0
endif
&end

/*select max cumulative slope length in fromcell dir grids, else beg. cell value.
&if [exists slp_lgth_cum -grid] &then

```

```

kill slp_lgth_cum all
slp_lgth_cum = max(fromcell_n, fromcell_ne, fromcell_e, fromcell_se, ~
  fromcell_s, fromcell_sw, fromcell_w, fromcell_nw, slp_lgth_beg)

/*test for the last iteration filling in all cells with data.
&sv nodata = [show scalar ndcell]
&if %nodata% eq 0 &then
  &sv finished = .TRUE.
/*test for any residual nodata cells.
&if [exists slp_lgth_nd -grid] &then
  kill slp_lgth_nd all
if (isnull(slp_lgth_cum) and not isnull(flowdir_out_b))
  slp_lgth_nd = 1
else
  slp_lgth_nd = 0
endif
ndcell = scalar(0)
docell
  ndcell }= slp_lgth_nd
end

/*amended previous code to allow monitoring of whether nodata cells decrease with
/*each iteration; if no more decrease after 2 iterations, end the iterative loop
/*and proceed to creation of LS grid; in this event the likelihood is that there
/*are one or more small nodata strips along outer boundary, probably within the
/*10-cell buffer area of the input DEM and not within the actual study area.
&if [exists nd_chg2 -grid] &then
  kill nd_chg2 all
if (slp_lgth_nd eq slp_lgth_nd2)
  nd_chg2 = 0
else
  nd_chg2 = 1
endif
ndchg2 = scalar(0)
docell
  ndchg2 }= nd_chg2
end
&sv nd2 = [show scalar ndchg2]
&if %nd2% eq 0 &then
  &do
    &sv finished = .TRUE.
    &sv warn = .TRUE.
  &end

/*remove temporary directional grids from the latest iteration.
kill (!fromcell_n fromcell_ne fromcell_e fromcell_se fromcell_s fromcell_sw ~
  fromcell_w fromcell_nw!)
/*amended previous code to move nodata-test grid 1 notch to prepare for next loop.
&if [exists slp_lgth_nd2 -grid] &then
  kill slp_lgth_nd2 all
copy slp_lgth_nd slp_lgth_nd2
kill slp_lgth_nd all

&sv n = %n% + 1
&type This begins slope length iteration %n%

```

&end

/*change name of cumulation grid from final iteration to max, clip, rename back again.

rename slp_lgth_cum slp_lgth_max

/*resetting window to normal extent.

setwindow ..\%dem_input%

&if [exists slp_lgth_max2 -grid] &then

kill slp_lgth_max2 all

rename slp_lgth_max slp_lgth_max2

slp_lgth_max = slp_lgth_max2

kill slp_lgth_max2 all

/*convert slope length in meters to feet if necessary.

&if [exists slp_lgth_ft -grid] &then

kill slp_lgth_ft all

&if %demunits% eq meters &then

slp_lgth_ft = slp_lgth_max div 0.3048

&else

slp_lgth_ft = slp_lgth_max

/*amended previous code to assign RUSLE slope length exponent (m) from rill/interrill

/*ratio; assumption is that rangeland/woodland has low susceptibility; used guidelines

/*in Table 4-5 in McCool et al. (1997) with minor extrapolation for end members.

&if [exists m_slpexp -grid] &then

kill m_slpexp all

if (down_slp_ang le 0.1)

m_slpexp = 0.01

else if ((down_slp_ang gt 0.1) and (down_slp_ang lt 0.2))

m_slpexp = 0.02

else if ((down_slp_ang ge 0.2) and (down_slp_ang lt 0.4))

m_slpexp = 0.04

else if ((down_slp_ang ge 0.4) and (down_slp_ang lt 0.85))

m_slpexp = 0.08

else if ((down_slp_ang ge 0.85) and (down_slp_ang lt 1.4))

m_slpexp = 0.14

else if ((down_slp_ang ge 1.4) and (down_slp_ang lt 2.0))

m_slpexp = 0.18

else if ((down_slp_ang ge 2.0) and (down_slp_ang lt 2.6))

m_slpexp = 0.22

else if ((down_slp_ang ge 2.6) and (down_slp_ang lt 3.1))

m_slpexp = 0.25

else if ((down_slp_ang ge 3.1) and (down_slp_ang lt 3.7))

m_slpexp = 0.28

else if ((down_slp_ang ge 3.7) and (down_slp_ang lt 5.2))

m_slpexp = 0.32

else if ((down_slp_ang ge 5.2) and (down_slp_ang lt 6.3))

m_slpexp = 0.35

else if ((down_slp_ang ge 6.3) and (down_slp_ang lt 7.4))

m_slpexp = 0.37

else if ((down_slp_ang ge 7.4) and (down_slp_ang lt 8.6))

m_slpexp = 0.40

else if ((down_slp_ang ge 8.6) and (down_slp_ang lt 10.3))

m_slpexp = 0.41

else if ((down_slp_ang ge 10.3) and (down_slp_ang lt 12.9))

m_slpexp = 0.44

else if ((down_slp_ang ge 12.9) and (down_slp_ang lt 15.7))

```

    m_slpexp = 0.47
  else if ((down_slp_ang ge 15.7) and (down_slp_ang lt 20.0))
    m_slpexp = 0.49
  else if ((down_slp_ang ge 20.0) and (down_slp_ang lt 25.8))
    m_slpexp = 0.52
  else if ((down_slp_ang ge 25.8) and (down_slp_ang lt 31.5))
    m_slpexp = 0.54
  else if ((down_slp_ang ge 31.5) and (down_slp_ang lt 37.2))
    m_slpexp = 0.55
  else if (down_slp_ang ge 37.2)
    m_slpexp = 0.56
  endif

/*amended previous code to calculate L constituent by slopelength/72.6 to the
/*mth power as defined by McCool et al. (1997).
&if [exists %sa%_ruslel -grid] &then
  kill %sa%_ruslel all
docell
  %sa%_ruslel = pow((slp_lgth_ft div 72.6), m_slpexp)
end

/*amended previous USLE code to calculate S constituent using different algorithms
/*for lt or ge sin of 9% slope as defined by McCool et al. (1997), where:
/*radian = 57.2958 deg (factor = 6.2832); deg (theta) = inv tan of % gradient;
/*(e.g., 0.09 slope gradient = 5.1428 deg angle = 0.0898 radians).
/*NOTE: RDV 12/03 Fixed previous computational order-of-operations problem below
&if [exists %sa%_rusles -grid] &then
  kill %sa%_rusles all
  %sa%_rusles = con (down_slp_ang ge 5.1428, 16.8 * (sin(down_slp_ang div deg)) - .50, ~
    10.8 * (sin(down_slp_ang div deg)) + .03)

/*multiply L and S constituents to produce LS-factor integer grid clipped to the
/*watershed boundary, use .vat to perform statistical analysis as necessary;
/*define grid value as * 100 to retain significant digits for future calculations.
/*NOTE: RDV 8/03 Fixed previous rounding problem in integer function below
setwindow ..\%wshed%
setmask ..\%wshed%
&if [exists %sa%_ruslels2 -grid] &then
  kill %sa%_ruslels2 all
  %sa%_ruslels2 = int (((%sa%_ruslel * %sa%_rusles) * 100) + .5)
buildvat %sa%_ruslels2

q

/*define actual LS-factor attribute as "value/100" rounded to 2 decimal places.
additem %sa%_ruslels2.vat %sa%_ruslels2.vat ls_factor 8 8 n 2
tables
sel %sa%_ruslels2.vat
calc ls_factor = value / 100
q

w

&echo &off
&return

```

9.13. ANEXO 3: A evolução da agricultura

Durante os séculos XVIII e XIX a agricultura do oeste europeu passou por diversas transformações buscando maior produção, pois temia-se que não haveria alimento suficiente para a população. Essas transformações podem ser citadas como: (a) sistemas de rotação de culturas com plantas forrageiras (especialmente as leguminosas); (b) aproximação das atividades agrícola e pecuária. Essas mudanças no sistema de produção passou a ser conhecido como a Primeira Revolução Agrícola (Ehlers, 1996).

A agricultura consorciada à pecuária trouxe muitos benefícios aos produtores, pois a matéria orgânica depositada pelos animais era utilizada nas plantações. Essa atividade continuou sendo utilizada mesmo sem grandes estudos sobre o assunto, até que em meados do século XIX, o químico alemão Justus von Liebig formulou teorias sobre o comportamento das substâncias minerais nos solos e nas plantas. “Em 1840 Liebig publicou sua obra clássica intitulada “Organic chemistry in its application to agriculture and physiology”, na qual mostrou, com base em experimentações laboratoriais, que a nutrição mineral das plantas se dá essencialmente pela absorção de substâncias químicas presentes no solo”. Essa teoria desprezava totalmente o papel da matéria orgânica na nutrição das plantas (Ehlers, 1996 pág. 22).

A teoria húmica simultaneamente com a rotação de culturas, era até então os únicos manejos utilizados pelos produtores. Com a polêmica das teorias de Liebig, vários pesquisadores passaram a estudar o assunto para obter dados experimentais que comprovassem a importância da matéria orgânica. Um dos grandes opositores ao quimismo de Liebig foi o pesquisador Louis Pasteur, que “após anos de pesquisas, mostrou que a nitrificação é um processo bacteriológico e os nutrientes utilizados pelas plantas, principalmente o carbono e o nitrogênio, são constantemente reciclados pela ação de microorganismos do solo que, por sua vez, dependem da matéria orgânica como fonte de nutrientes” (Ehlers, 1996 pág. 24).

O quimismo de Liebig foi motivo de grandes transformações no setor industrial, principalmente na produção de fertilizantes. Assim, muitos produtores passaram a deixar de lado o consorciamento da agricultura com a pecuária e a rotação de culturas, passando a consumir os fertilizantes artificiais. Isso fez com que fossem adotadas em escalas cada vez

maiores (latifúndios) apenas as monoculturas, obrigando os produtores a ficarem dependentes das indústrias de fertilizante e de ração animal. Essa mudança no sistema de produção que também passou a utilizar motores de combustão interna e melhoramento genético das plantas é conhecido como a Segunda Revolução Agrícola.

Os fertilizantes químicos, a motomecanização, os agrotóxicos e o melhoramento genético fomentaram uma série de mudanças na agricultura e no setor produtor de insumos durante a primeira metade do século XX. Muitas pesquisas na área agrônômica foram realizadas com o intuito de potencializar a utilização dessas inovações na produção agrícola para aumentar a produtividade. A utilização maciça dessas inovações na agricultura ficou conhecida como Revolução Verde, que segundo Ehlers (1996 pág. 32) “fundamentava-se na melhoria do desempenho dos índices de produtividade agrícola, por meio de substituição dos moldes de produção locais, ou tradicionais, por um conjunto bem mais homogêneo de práticas tecnológicas; essas práticas incluem variedades vegetais geneticamente melhoradas, muito exigentes em fertilizantes químicos de alta solubilidade, agrotóxicos com maior poder biocida, irrigação e moto mecanização”.

O objetivo da Revolução Verde, através do pacote tecnológico, foi cumprido, porque depois de se difundir por vários países na década de 70, a produção agrícola obteve grandes safras. Mesmo com a euforia das grandes safras, esse sistema de produção que é conhecido como convencional, trouxe muitos problemas sócio-econômicos e ambientais, como a destruição das florestas, a erosão e a contaminação dos recursos naturais e dos alimentos. No Brasil, além desses problemas citados, acrescenta-se a concentração da posse da terra e de riquezas, o aumento do desemprego e o assalariamento sazonal, provocando grande migração para os centros urbanos mais industrializados (Ehlers, 1996).

Nas décadas de 1920 e 1930 surgiram os chamados movimentos rebeldes, que não aceitavam o quimismo, a motomecanização e a genética da agricultura moderna, pois valorizavam o potencial biológico e vegetativo dos processos produtivos. Na Europa surgiram as vertentes biodinâmicas, orgânicas e biológicas, e, no Japão, a agricultura natural. Os produtores que aderiram a esses movimentos, sempre ficaram à margem da produção agrícola mundial e da comunidade científica agrônômica, até que na década de 70, os efeitos adversos causados pela agricultura convencional, fortaleceram um conjunto de propostas rebeldes que passaram a ser conhecidas como alternativas. Essas propostas até

hoje são marginalizadas, porém cresceu o interesse e a preocupação com questões que relacionam a produção agrícola e o meio ambiente (Ehlers, 1996).

9.14. ANEXO 4: Breve história das políticas sobre desenvolvimento sustentável

Mesmo sabendo que os problemas ambientais foram iniciados antes da década de 70 do século XX, a preocupação com o meio ambiente começa a ter âmbito mundial somente neste período. Isso ocorreu devido a desastres ambientais que fizeram com que a população exigisse respostas e medidas políticas. Dentre os desastres, pode-se citar o de Donora na Pennsylvania em 1948, o de Londres em 1953 e o da Baía de Minamata em 1956. Ao mesmo tempo, surgem muitos pensadores que começaram a trabalhar com ecologia política, evidenciando ainda mais a preocupação mundial com questões ecológicas (Fagnani, 1997).

Através da publicação do livro *The Limits to Growth* em 1970 que continha um modelo matemático conhecido como Modelo do MIT (Massachusetts Institute of Technology), houve um grande impacto a nível mundial, pois o modelo relacionava as principais variáveis concernentes às inter-relações do meio ambiente, e chegaram à conclusão que “se deveria deter o crescimento global do mundo ao nível de 1975”. Esse foi um dos primeiros trabalhos que mostrava que os recursos naturais da Terra são finitos (Fagnani, 1997).

Segundo Herrera (apud Fagnani 1997, pág. 80), “a 1ª Conferência Sobre Meio Ambiente, realizada em Estocolmo em 1972 e organizada pelas Nações Unidas, converteu-se em um acontecimento mundial não pelas razões pelas quais se esperava que fossem importantes, mas o mais importante foi o que se discutiu nos corredores da conferência, onde se percebeu que o mundo estava preocupado com o meio ambiente”.

Nessa Conferência, foi adotada a Declaração das Nações Unidas sobre Meio Ambiente que continha 109 recomendações para as ações aos níveis nacional e internacional, que ficou sendo a base de uma série de ações padrões que deveriam ser seguidos em busca do equilíbrio ambiental. Essas ações não foram seguidas, principalmente pelos países ricos, pois em 1982 tinha-se a nível mundial um aumento da destruição e do uso indiscriminado dos recursos naturais não renováveis (Fagnani, 1997).

Desde então, começaram a surgir as mais variadas definições e explicações sobre o desenvolvimento sustentável e, aos poucos, a expressão foi se tornando uma espécie de slogan, cujo significado pode variar de acordo com o contexto em que ela está sendo

empregada. Essa elasticidade permitiu abrigar as mais diferentes visões acerca do crescimento econômico e da utilização dos recursos naturais, gerando uma série de dúvidas, não apenas conceituais, mas principalmente, relativas às implicações práticas dessa noção (Ehlers, 1996).

Em 1983 foi criada a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que teve o trabalho de visitar inúmeros países para realizar um diagnóstico dos problemas ambientais. Esse trabalho resultou em um relatório em 1987, conhecido como Relatório Brundtland (Fagnani, 1997).

Segundo a *Our Common Future* (1987, pág.43), desenvolvimento sustentável “é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações em satisfazer suas necessidades”. Ela contém dois conceitos chave: (a) o conceito de “necessidade”, em particular as necessidades essenciais aos países pobres para que os mesmos possam ter condições mínimas de vida; (b) a idéia de “limitação” sobre a habilidade ambiental em satisfazer as necessidades atuais e futuras.

Além do diagnóstico dos países visitados, o Relatório Brundtland sugeriu que fosse realizada outra conferência Mundial para a discussão dos resultados e progressos obtidos pelos países através de suas políticas ambientais. Essa conferência foi realizada no Rio de Janeiro em 1992, chamada de Eco 92, onde “estiveram presentes 170 delegações governamentais, 50 intergovernamentais, 500 não governamentais, 10.000 pessoas trabalhando, 100.000 pessoas participando e cerca de 5000 jornalistas, demonstrando o interesse que o tema alcançou na sociedade, decorridos apenas 20 anos da primeira Conferência” (ECO-RIO 1992 n°4 apud Fagnani 1997, pág. 86).

Segundo o *Jornal Folha de São Paulo* (16/06/92 caderno especial pág.3 apud Fagnani 1997, pág.87) “eram cinco os documentos a serem discutidos e aprovados na Conferência, provenientes das reuniões preparatórias: Convenção sobre a Biodiversidade; Convenção sobre o Clima; Princípios sobre Florestas; Carta da Terra; Programa de Ações (também chamada Agenda 21)”.

Com o término da Conferência, os cinco documentos discutidos foram assinados. Uma das conclusões da Conferência foi que “questões de desenvolvimento e crescimento da população mundial estão definitivamente agregadas à questão da preservação do meio ambiente” (Fagnani 1997, pág. 89).

Em 2002, foi realizada em Johannesburgo na África do Sul, a Rio+10, com o objetivo de avaliar as decisões tomadas na Eco 92 e promover novos caminhos em busca do desenvolvimento sustentável através de diagnósticos atuais. Porém, os jornais do mundo inteiro lamentaram o fracasso da conferência.

Segundo o jornal Folha de São Paulo (2002), poucos jornais tinham algo de positivo para dizer sobre a Rio +10. Eles a batizaram de a "cúpula da estagnação e da oportunidade perdida". Também falaram que ela foi uma prova de que "a era das cúpulas globais" havia acabado. Os jornais criticavam a indiferença do país mais poderoso do mundo - os Estados Unidos.

"A cúpula deixou mais resmungos do que sorriso" escreveu o Golf Today, diário dos Emirados Árabes Unidos. O plano de ação de 65 páginas fica muito aquém das necessidades do mundo. O jornal holandês NRC Handelsblad acrescentou: "Apesar de Johannesburgo ter resultado em um plano de ação, não há nada mais do que isso: uma declaração de intenções para deixar todo mundo confortável, uma promessa que pode ser quebrada sem maiores problemas" (Folha de São Paulo, 2002).

O alemão Sueddeutsche Zeitung afirmou que o programa de ação acertado na Rio+10, repleto de declarações vagas que não obrigam ninguém a nada, não era digno de seu nome. Outras publicações disseram que as grandes proporções do encontro haviam provado que tais fóruns não eram uma forma eficiente de solucionar os problemas do mundo. "A Organização das Nações Unidas (ONU) é ampla demais. Essas questões - ambiente, biodiversidade, suprimento de água - deveriam ser discutidas por agências com estruturas claras e cujo desempenho poderia ser mensurado", escreveu o diário francês Le Monde. O também francês Libération foi uma das muitas publicações que criticaram os EUA. A superpotência conseguiu impedir a fixação de metas globais para o aumento do uso de fontes de energia renováveis (Folha de São Paulo, 2004).

Segundo a agência de notícias Carta Maior (2004), o encerramento da Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Sustentável foi marcado pela frustração. A conferência não avançou em relação à Rio-92. Não foram definidos prazos nem metas de implementação de acordos. Na maioria dos temas, a declaração final prevê vago compromisso dos Estados. A participação da sociedade civil, planejada para ser um diferencial, no âmbito das cúpulas da ONU, se viu enfraquecida pelo formato do encontro e

pelo esquema de segurança da África do Sul. Durante o evento, a polícia reprimiu manifestações de protesto. Houve inúmeras detenções de jornalistas e membros de ONGs. A avaliação dominante é que o fracasso da Rio+10 se deve à postura dos EUA, de seus parceiros do Juscanz, e da maior parte dos governos, que não tiveram força, nem vontade política, para se contrapor à geopolítica de Washington. O maior ganho é o aumento da articulação mundial de ONGs e movimentos. A perspectiva socioambiental do planeta, porém, permanece inalterada.

9.15. ANEXO 5: Agricultura sustentável

No setor agrícola, o termo “sustentável” passou a atrair a atenção de grande número de produtores e, principalmente, de pesquisadores do sistema oficial de pesquisa norte-americano, como o Departamento de Agricultura (USDA) e o Conselho Nacional de Pesquisa (NRC). Rapidamente estabeleceu-se a noção internacionalmente conhecida por “agricultura sustentável”. Dessa forma, surgiram inúmeras definições para explicar o que se entende por agricultura sustentável, onde a grande maioria procura expressar a “necessidade do estabelecimento de um novo padrão produtivo que não agrida o ambiente e que mantenha as características dos agroecossistemas por longos períodos” (Ehlers 1996, pág. 131).

Para Ehlers (1996 pág. 112), a literatura conhecida sobre o assunto, oferece uma série de definições de agricultura sustentável e todas incorporam os seguintes itens:

- (a) manutenção a longo prazo dos recursos naturais e da produtividade agrícola;
- (b) o mínimo de impactos adversos ao ambiente;
- (c) retornos adequados aos produtores;
- (d) otimização da produção das culturas com o mínimo de insumos químicos;
- (e) satisfação das necessidades humanas de alimentos e de renda;
- (f) atendimento das necessidades sociais das famílias e das comunidades rurais.

A ineficiência energética e os impactos ambientais, como a erosão e a salinização dos solos, a poluição das águas e dos solos por nitratos e por agrotóxicos, a contaminação do homem do campo e dos alimentos, o desmatamento, a diminuição da biodiversidade e dos recursos genéticos e a dilapidação dos recursos não renováveis são apontados como os principais fatores que tornam insustentáveis a agricultura convencional. Para Miguel Altieri (2000), que é um dos principais divulgadores da agroecologia, um agroecossistema deve ser considerado insustentável quando possuir as seguintes características:

- (a) redução da capacidade produtiva provocada por erosão ou contaminação dos solos por agrotóxicos;

- (b) redução da capacidade homeostática, tanto nos mecanismos de controle de pragas como nos processos de reciclagem de nutrientes;
- (c) redução da capacidade evolutiva do sistema, em função da erosão genética ou da homogeneização genética provocada pelas monoculturas;
- (d) redução da disponibilidade e qualidade de recursos que atendam necessidades básicas (acesso à terra, água, etc.);
- (e) redução da capacidade de utilização adequada dos recursos disponíveis, principalmente devido ao emprego de tecnologias impróprias.

Além dos problemas decorrentes do uso de agroquímicos como a eutrofização dos corpos d'água, a contaminação da água superficial e subterrânea, a perda da qualidade nutritiva dos alimentos, a contaminação da cadeia alimentar e os demais problemas já mencionados acima, a agricultura convencional também é responsável por uma série de outros impactos ambientais, que segundo Ehlers (1996), podem ser citados como: (a) a dilapidação dos recursos não-renováveis, como os combustíveis fósseis e alguns nutrientes minerais; (b) o consumo excessivo de água; (c) a salinização dos solos irrigados; (d) as queimadas e a destruição florestal; (e) a diminuição da biodiversidade e dos recursos genéticos.

Inicialmente, os sistemas monoculturais tiveram boa eficiência energética, mas a partir dos anos 70, sua elevada demanda por recursos naturais e energéticos, inclusive fontes não-renováveis, passou a chamar a atenção de ambientalistas. Em 1973 foi publicado um estudo que avaliou o balanço energético de sistemas agrícolas convencionais dos EUA. Os resultados mostraram que cada quilocaloria (kcal) de milho era obtida com um enorme custo de energia externa, proveniente de recursos não-renováveis (petróleo), o que tornava ineficiente seu balanço energético (Ehlers, 1996).

Outra pesquisa importante realizada sobre a eficiência energética dos sistemas de produção, foi realizada nos anos de 1974 e 1975, onde foram comparadas dezesseis fazendas convencionais com dezesseis fazendas alternativas. Segundo Ehlers (1996 pág. 104), essa pesquisa concluiu “que os sistemas convencionais necessitam de 0,9 kcal para produzir 1 kg de produto final, enquanto os sistemas alternativos obtêm o mesmo produto com apenas 0,38 kcal, portanto com uma demanda energética 2,3 vezes inferior”.

A agricultura sustentável poderia ser então uma evolução da própria agricultura convencional, como resposta aos problemas ambientais que gerou. Para o Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos (NCR), a agricultura sustentável é uma resposta recente aos problemas ambientais e econômicos da agricultura contemporânea. A publicação de *Alternative Agriculture*, em 1989, certamente influenciou a posição do NRC que, ao se referir à agricultura sustentável, reconhece a interação entre todos os componentes do agroecossistema, incluindo-se os aspectos sociais e econômicos (Ehlers, 1996).

Segundo Ehlers (1996, pág. 138), “é possível afirmar que os sistemas alternativos já estão mais próximos de situações sustentáveis, fazendo supor que a consolidação da agricultura sustentável depende apenas da ampliação da área cultivada por esses sistemas”.

A agricultura sustentável será uma evolução do atual modelo de produção agrícola, que combinará elementos da agricultura convencional e da alternativa. Porém ela não virá como um “pacote definido de práticas”, como a Revolução Verde, pois se a integração com o ambiente e a sociedade são pressupostos básicos dessa proposta, deve-se levar em conta que cada agroecossistema tem diferentes características ambientais e sociais, exigindo, portanto, soluções específicas (Ehlers, 1996).

Em busca da agricultura sustentável, já se pode apontar alguns aspectos fundamentais, onde um deles é o estímulo a práticas que promovam a substituição dos sistemas produtivos simplificados, ou monoculturais, por sistemas rotacionais diversificados. Outros são a reorientação da pesquisa agropecuária para um enfoque sistêmico e a adoção de políticas públicas que promovam o fortalecimento e a expansão da agricultura familiar (Ehlers, 1996).

Devido à falta de pesquisas, às dúvidas, à experiência em larga escala em relação à agricultura sustentável, fica evidente que a produção agrícola está muito distante da situação desejável. Assim, a noção de agricultura sustentável se dará em longo prazo, cujas formas de realização são ainda um grande desafio para a sociedade moderna e para a comunidade científica.

Segundo Ehlers (1996, pág. 162), “é provável que a agricultura sustentável venha a ser considerada uma nova fase na história da dinâmica do uso da terra. Nela, o uso abusivo

de insumos industriais e de energia fóssil, deverá ser substituído pelo emprego elevado de conhecimento ecológico”.

Para Fagnani (1997, pág. 92), “ecologia hoje significa uma idéia mais complexa, que envolve simultânea e indissolúvelmente meio ambiente, aumento da população e desenvolvimento. Os recursos materiais do planeta não podem sustentar um aumento indefinido do consumo material. Um desenvolvimento que implique um aumento indefinido do consumo material será catastrófico. Assim, a humanidade futura terá que ser igualitária e austera, o que implica mudar a idéia de progresso como consumo de bens materiais”.

Fagnani (1997, pág.44), que avaliou a questão ecológica na formação de engenheiros agrônomos e agrícolas, disse que esses profissionais são “fortemente influenciados pelos valores embutidos no currículo da faculdade, de forma a preservar os interesses de setores dominantes da sociedade, através da adoção de tecnologias desenvolvidas e difundidas por este setor, e com isso acabam não tendo uma visão crítica das conseqüências deste procedimento em relação ao ambiente e aos recursos naturais”.

Dessa forma, esses profissionais trabalham com os preceitos aprendidos em sua formação, que até hoje na maioria das faculdades, é disseminada a idéia de desenvolvimento desenfreado, sem se preocupar com questões ambientais e sociais, apenas visando maior produtividade. Assim, um das principais barreiras em busca da sustentabilidade na produção agrícola, é formar profissionais com os preceitos do desenvolvimento sustentável. Segundo Fagnani (1997, pág. 45), “é preciso ter em mente ao se trabalhar com educação, principalmente no âmbito da educação superior, qual o alcance das nossas ações, que forças vamos por em movimento com as nossas ações, que tipo de profissionais estamos formando e para formar que tipo de sociedade, sem a ilusão tão fácil de cair novamente, de ser a educação redentora de todos os males da sociedade. Não é saber qual a função da escola, o que ela deve ser, mas que forças sociais concretas acabam estruturando uma determinada escola e práticas educativas. Assim, é precioso pensar e agir dentro de uma concepção real de escola, e dentro dos fins que se desejam ser alcançados”.