



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
AGROECOLOGIA**

**SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO  
DE OLERÍCOLAS SOB MANEJO ORGÂNICO  
EM UNIDADES FAMILIARES, NA REGIÃO SERRANA FLUMINENSE**

**ANTONIO DE ALMEIDA NOBRE JÚNIOR**

*Sob a Orientação de*  
**José Guilherme Marinho Guerra**

*Co-orientação de*  
**Enrique Ortega Rodrigues  
Renato Linhares de Assis**

Tese submetida como requisito parcial  
para obtenção do grau de **Doutor em  
Ciências**, no Curso de Pós-Graduação  
em Fitotecnia, Área de Concentração  
em Agroecologia

Seropédica, RJ  
Dezembro de 2009

338.10981

N754s

T

Nobre Junior, Antonio de Almeida,  
1957-

Sustentabilidade de Sistemas de  
Produção de Olerícolas sob Manejo  
Orgânico

em Unidades Familiares, na Região  
Serrana Fluminense / Antonio de  
Almeida Nobre Júnior. 2009.

Xiv, 201 f.: il.

Orientador: José Guilherme  
Marinho Guerra.

Tese (Doutorado) - Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Agroecologia.

Inclui bibliografia.

1. Agricultura familiar -  
Serrana, Região (RJ) - Teses. 2.  
Olericultura - Serrana, Região (RJ)  
- Teses. I. Guerra, José  
Guilherme Marinho. II. Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro.  
Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Agroecologia. III. Título.

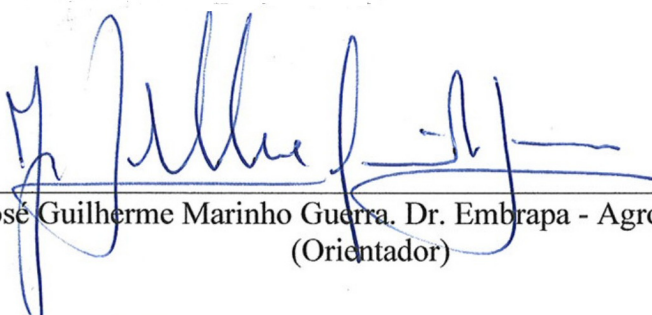
É permitida a cópia parcial ou total desta tese, desde que citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**ANTONIO DE ALMEIDA NOBRE JÚNIOR**


Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de Concentração em Agroecologia.

TESE APROVADA em 14 de Dezembro de 2009




---

José Guilherme Marinho Guerra. Dr. Embrapa - Agrobiologia  
(Orientador)




---

Manoel Baltasar Baptista da Costa. Dr. UFSCAR



---

Margarida Gorete Ferreira do Carmo. Dr<sup>a</sup>. UFRRJ



---

Mario Vito Comar. Dr. IMAD



---

Raul de Lucena Duarte Ribeiro. Dr. UFRRJ

## **DEDICATÓRIA**

As famílias de agricultores

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal do Estado do Tocantins (UFT)

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Embrapa Agrobiologia)

A Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

A Associação dos Produtores Orgânicos do Vale do Rio Preto (Horta Orgânica)

A todos e todas que me acolheram nesta jornada, muito obrigado.

A Deus, agradeço.

## **BIOGRAFIA**

Antonio de Almeida Nobre Júnior, nascido em Petrópolis (RJ) em 1957, graduado em Engenharia Florestal (1982), Agronomia (1983) e mestrado em Desenvolvimento Sustentável (2000) pela Universidade de Brasília (UnB). E, na presente data, conclui este trabalho de tese de doutorado em Fitotecnia, área de concentração em Agroecologia.

## RESUMO GERAL

NOBRE JUNIOR, Antonio de Almeida. **Sustentabilidade de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico em unidades familiares, na Região Serrana Fluminense.** 2009. 201 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia, Agroecologia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica.

Avaliou-se a sustentabilidade de cinco sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, em unidades familiares, na região Serrana do estado do Rio de Janeiro, nos municípios de Petrópolis e São José do Vale do Rio Preto, empregando-se os guias metodológicos: (i) reconstituição histórica dos sistemas agrários; (ii) IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*); (iii) balanço de nutrientes; e (iv) análise emergética. Os objetivos foram: (i) reunir informações históricas capazes de explicar a evolução dos agroecossistemas; (ii) adaptar, quando necessário, os indicadores econômicos, sociais e ambientais à realidade local; (iii) realizar balanço parcial de nutrientes ( $\Delta S = \text{Entradas} - \text{Saídas}$ , respectivamente, via fertilização e exportação pelos produtos comercializados); e, (iv) expressar os recursos ambientais e econômicos usados nos sistemas de produção em uma base única, ‘emjoules’ (seJ), para determinar o índice de sustentabilidade emergética. O levantamento dos dados foi realizado por meio de informações fornecidas pelos agricultores e outros informantes privilegiados, documentos, amostragens de campo e o monitoramento das unidades de produção de janeiro a dezembro de 2008. A história da olericultura orgânica fluminense mostrou que a evolução dos agroecossistemas depende do fortalecimento do associativismo envolvendo agricultores e consumidores. A análise das dimensões agro-ambiental, sócio-territorial e econômica, através do método IDEA, destacou o eixo econômico como limitante da sustentabilidade; entretanto, o sistema de produção e comercialização em cadeias curtas apresentou renda agrícola monetária de 2,69 salários mínimos por trabalhador (sistema 1). Por outro lado, a viabilidade dos sistemas de produção em cadeias longas (sistemas 2, 3, 4 e 5) não se explica apenas através da renda agrícola monetária, que é complementada pelas rendas não-agrícolas e o auto-consumo. O balanço parcial de nutrientes indicou que os sistemas 1, 2, 3 e 5 apresentaram resultados positivos para os nutrientes monitorados (N, P, K, Ca e Mg) e o sistema 4 apresentou déficit relativamente baixo de N ( $-12 \text{ kg. ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ); entretanto, os solos desta unidade apresentaram nível médio de matéria orgânica ( $C = 11,9 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e teor de N total de  $1,4 \text{ g.kg}^{-1}$ . Conjectura-se, portanto, que a dinâmica de mineralização da matéria orgânica do solo seja capaz de suprir o déficit de N. Ademais, as unidades estudadas apresentaram melhorias na fertilidade química do solo sob os manejos orgânicos adotados, considerando os solos das matas do entorno como referências. Apesar dos sistemas de produção suportarem certo déficit anual de nutrientes, as entradas devem ser monitoradas e, oportunamente, aumentados os suprimentos. A análise emergética mostrou que a energia usada, ou a energia total, variou de 1,72 a  $6,24 \text{ E}+17 \text{ seJ.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ ; a transformidade de  $6,72\text{E}+06$  a  $3,14\text{E}+07 \text{ seJ/J}$ ; a renovabilidade de 60 a 85%; e o índice de sustentabilidade emergética (ESI) de 3,54 até 39,71. Embora o ESI tenha variado expressivamente, os resultados revelaram que os agroecossistemas avaliados contribuem para o crescimento econômico sem perturbação grave no equilíbrio ambiental; todavia, as estratégias de desenvolvimento destes sistemas, incluso a comercialização, devem restringir a proporção dos investimentos em recursos não renováveis. Desta forma, os métodos aplicados permitiram mensurar a sustentabilidade dos agroecossistemas estudados, a partir de abordagens complementares.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Agricultura familiar. Olericultura orgânica.

## GENERAL ABSTRACT

NOBRE JUNIOR, Antonio de Almeida. **Sustainability of horticultural organic production systems in familiar farms of Rio de Janeiro state.** 2009. 201 f. Thesis (Doctor in Agronomy, Crop science, Agroecology). Institute of Agronomy, Department of Crop Science, Federal Rural University of Rio de Janeiro. Seropédica.

The present research aims to assess the sustainability of horticultural organic production systems in family farms of Rio de Janeiro state, applying different methods: (i) historical rebuilding of the agrarian systems, (ii) IDEA (*Indicators of Durability for explotations of the agriculture*), (iii) nutrient balance, and (iv) emergy analysis. Thus, the general objective was to assess the sustainability, of five horticultural production systems. For this, established the following objectives: (i) to collect historical information that can explain the evolution of organic agroecosystems; (ii) to adapt, when necessary, the economic, social and environmental indicators to the reality of horticultural organic production systems in family farms; (iii) to accomplish partial nutrient balance ( $\Delta S = \text{Inputs} - \text{Outputs}$ , respectively, through organic fertilizer and nutrients exported in plant parts commercialized); and, (iv) express environmental and economic resources used in production systems in a single database, 'emjoules' (seJ), to determine the emergy sustainability index. Data collection was performed by information provided by farmers, privileged informants, documents, sampling and monitoring of the units studied during the period January to December 2008. The history of horticultural organic production systems in the Rio de Janeiro state showed that the evolution of agroecosystems depends on the reinforcement of the partnerships between family farmers and consumers. The analysis of the dimensions agro-environmental, socio-territorial and economic showed that the economic dimension was the axis limiting the sustainability of the production systems studied; although the economic viability of the production system and commercialization in sort-chain presented monetary income corresponding to 2.69 minimum wages per employee (system 1), while for the production systems in long-chain (systems 2, 3, 4 and 5) the economic viability is not justified only for monetary income, that is complemented by others incomes and the self-consumption. The partial balance of nutrients showed that the systems 1, 2, 3 and 5 had positive results for N, P, K, Ca and Mg. The system 4 showed deficit for N. However, the system 4 has medium level for the organic matter of the soil ( $C = 11,9 \text{ g.kg}^{-1}$ ) and total N of  $1,4 \text{ g.kg}^{-1}$ . Therefore, that the dynamics of mineralização of the organic matter of the soil is capable to supply the deficit of N. Furthermore, all production units studied showed improvements in chemical soil fertility under organic management, taking the soil of the surrounding forests as references. The energy memory showed that the total emergy (Y) of organic systems varied from 1,72 to  $6,24 \text{ E}+17 \text{ seJ.ha}^{-1}\text{year}^{-1}$ ; the transformity (Tr) varied from  $6.72 \text{ E}+06$  to  $3.14 \text{ E}+07 \text{ sej/J}$  and the renewability (%R) from 60 to 85%, and the index of sustainability (EIS) varied from 3.54 to 39.71. This shows that horticultural organic systems studied contribute to economic growth without causing serious disturbance to the environmental balance; however, strategies for development of production systems and marketing must restrict investments in non-renewable resources to ensure sustainability in long term. Thus, the applied methods allowed to measure the sustainability of agroecosystems from complementary approaches.

**Key words:** Sustainability. Family farms. Horticultural organic production systems.



## ÍNDICE DE TABELAS

### INTRODUÇÃO GERAL

Tabela 1	- Localização e tipologia das cinco unidades de produção selecionadas	6
Tabela 2	- Classificação dos solos das unidades de produção	7
Tabela 3	- Características granulométricas dos solos das unidades de produção	8
Tabela 4	- Características químicas dos solos na camada de 0,00 a 0,20 cm de profundidade	8
Tabela 5	- Níveis de fertilidade química dos solos das unidades de produção	8

### CAPÍTULO II

Tabela 1	- Matriz de objetivos e indicadores relacionados por dimensão da sustentabilidade	33
Tabela 2	- Dimensões, componentes e indicadores de sustentabilidade	35
Tabela 3	- Tipologia das cinco unidades de produção	37
Tabela 4	- Critérios de avaliação da sustentabilidade agroambiental	38
Tabela 5	- Critérios de avaliação da sustentabilidade sócio-territorial	40
Tabela 6	- Critérios de avaliação da sustentabilidade econômica	41
Tabela 7	- Valores da sustentabilidade das unidades de produção	42
Tabela 8	- Determinação da diversidade de culturas anuais (A1)	44
Tabela 9	- Tipos de cultivos comerciais identificados nas unidades de produção	44
Tabela 10	- Determinação da diversidade de culturas perenes (A2)	47
Tabela 11	- Determinação da diversidade vegetal associada (A3)	47
Tabela 12	- Determinação da diversidade animal (A4).	48
Tabela 13	- Tipos de olerícolas e frutíferas de importância local ou regional	49
Tabela 14	- Tipos vegetais raros ou ameaçados das unidades de produção	49
Tabela 15	- Determinação da valorização e conservação da agrobiodiversidade (A5)	50
Tabela 16	- Classificação dos tipos de vegetais por grupo agrônomo	51
Tabela 17	- Determinação do indicador de rotação das culturas (A6)	53
Tabela 18	- Determinação do valor da dimensão das parcelas (A7)	54
Tabela 19	- Proposta de determinação do indicador de tamanho das parcelas	54
Tabela 20	- Determinação do valor da gestão de materiais orgânicos (A8)	55
Tabela 21	- Determinação do indicador das zonas de regulação ecológica (A9)	56
Tabela 22	- Determinação do indicador de conservação do patrimônio natural (A10)	56
Tabela 23	- Modalidade de determinação da carga animal	57
Tabela 24	- Determinação da carga animal (A11)	58
Tabela 25	- Gestão da superfície forrageira (A12)	58
Tabela 26	- Modalidade de determinação da fertilização	59
Tabela 27	- Indicador de fertilização (A13)	60
Tabela 28	- Indicador de tratamento de efluentes (A14)	60
Tabela 29	- Indicador de uso de pesticidas e produtos veterinários (A15)	61
Tabela 30	- Indicador de bem-estar animal (A16)	61
Tabela 31	- Indicador de proteção do solo (A17)	62
Tabela 32	- Indicador de gestão dos recursos hídricos – irrigação (A18)	63
Tabela 33	- Indicador de dependência energética (A19)	64
Tabela 34	- Indicador de qualidade dos alimentos produzidos (B1)	65
Tabela 35	- Indicador de valorização do patrimônio construído e paisagem (B2)	65
Tabela 36	- Indicador de tratamento de resíduos não orgânicos (B3)	66
Tabela 37	- Indicador de acessibilidade do espaço rural (B4)	67
Tabela 38	- Indicador de participação social (B5)	67
Tabela 39	- Modalidade de determinação do indicador de cadeia de comercialização	68
Tabela 40	- Indicador de cadeias curtas de comercialização (B6)	68
Tabela 41	- Indicador de serviços e pluriatividade (B7)	69

### Continuação

Tabela 42	- Modalidade de determinação da geração de empregos na olericultura	70
Tabela 43	- Critérios para ponderação da determinação das unidades de trabalho de acordo com a idade do trabalhador	70
Tabela 44	- Unidades de trabalho humano dos sistemas de produção	70
Tabela 45	- Indicador de geração de empregos (B8)	71
Tabela 46	- Indicador de trabalho coletivo (B9)	71
Tabela 47	- Indicador de perenidade presumida (B10)	72
Tabela 48	- Indicador de contribuição ao equilíbrio alimentar (B11)	73
Tabela 49	- Indicador de formação (B12)	74
Tabela 50	- Indicador de intensidade de trabalho (B13)	75
Tabela 51	- Indicador de qualidade de vida (B14)	75
Tabela 52	- Indicador de isolamento (B15)	76
Tabela 53	- Indicador de acolhida, higiene e segurança (B16)	76
Tabela 54	- Modalidade de determinação da viabilidade econômica	77
Tabela 55	- Indicador de viabilidade econômica (C1)	78
Tabela 56	- Indicador da taxa de especialização econômica (C2)	79
Tabela 57	- Indicador de autonomia financeira (C3)	79
Tabela 58	- Indicador de sensibilidade às ajudas financeiras (C4)	80
Tabela 59	- Modalidade de determinação do indicador de transmissibilidade (A)	80
Tabela 60	- Modalidade de determinação do indicador de transmissibilidade (B)	81
Tabela 61	- Indicador de transmissibilidade (C5)	81
Tabela 62	- Indicador de eficiência econômica (C6)	82

---

### **CAPÍTULO III**

---

Tabela 1	- Índices de conversão de nutrientes na forma orgânica para a mineral, considerando o tempo de aplicação do resíduo no solo.	104
Tabela 2	- Esquema de amostragem de 36 produtos coletados nos sistemas de produção	112
Tabela 3	- Tipos e teores de nutrientes dos compostos utilizados	113
Tabela 4	- Quantidades de compostos utilizados nas unidades de produção estudadas durante o ano de 2008	113
Tabela 5	- Conteúdo de água nos produtos frescos e teores de nutrientes na matéria seca	114
Tabela 6	- Balanço aparente de nutrientes das unidades de produção considerando as entradas no composto orgânico e as saídas nos produtos comercializados, em 2008.	116
Tabela 7	- Características químicas dos solos manejados e da mata, na camada de 0,00 a 0,20 cm de profundidade	116
Tabela 8	- Perdas de solos das unidades de produtivas, em toneladas (Mg. ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	117

---

### **CAPÍTULO IV**

---

Tabela 1	- Transformidades solares	132
Tabela 2	- Classificação dos fluxos emergéticos	133
Tabela 3	- Esquema de tabela para o cálculo dos fluxos de energia	134
Tabela 4	- Indicadores emergéticos	136
Tabela 5	- Esquema de apresentação da energia produzida pelos agroecossistemas	137
Tabela 6	- Taxa de rendimento emergético (EYR) e a contribuição para a sociedade	138
Tabela 7	- Valor da carga ambiental (ELR) e grau de impacto negativo	139
Tabela 8	- Valor do índice de sustentabilidade (ESI) e critérios de sustentabilidade	140
Tabela 9	- Características das unidades de produção de olerícolas sob manejo orgânico	143
Tabela 10	- Análise emergética de sistema de produção e comercialização de olerícolas diversificadas sob manejo orgânico, em estabelecimento familiar-empresarial, unidade de produção número 1.	147
Tabela 11	- Análise emergética de sistema de produção de olerícolas diversificadas sob manejo orgânico, em estabelecimento familiar, com contratação sazonal de mão-de-obra local – unidade de produção número 2.	148

Continuação

Tabela 12	- Análise emergética do sistema de produção de olerícolas diversificadas sob manejo orgânico, em estabelecimento familiar, com contratação permanente de mão-de-obra local – unidade de produção número 3.	149
Tabela 13	- Avaliação do sistema de produção de olerícolas especializado, principalmente o chuchu sob manejo orgânico, em propriedade familiar – unidade de produção número 4.	150
Tabela 14	- Avaliação do sistema de produção de olerícolas especializado, principalmente o chuchu sob manejo orgânico, em propriedade familiar – unidade de produção número 5.	151
Tabela 15	- Parâmetros dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico	152
Tabela 16	- Indicadores clássicos e modificados das unidades de produção estudadas	152
Tabela 17	- Valores absolutos e relativos dos fluxos emergéticos ambientais e econômicos renováveis e não renováveis	157
Tabela 18	- Área de suporte para o balanço emergético dos sistemas de produção	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>INTRODUÇÃO</b>		
Figura 1	- Região Serrana Fluminense	4
Figura 2	- Normais climatológicas da Região Serrana Fluminense	5
Figura 3	- Topossequência dos solos das unidades de produção	7
<b>CAPÍTULO II</b>		
Figura 1	- Histograma hipotético da dimensão limitante da sustentabilidade	36
Figura 2	- Sustentabilidade média dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro.	83
Figura 3	- Sustentabilidade por unidade de produção	83
Figura 4	- Resultados normalizados dos 41 indicadores, agrupados por dimensão, dos cinco sistemas de produção estudados	84
Figura 5	- Síntese dos indicadores das cinco unidades de produção, por dimensão.	85
<b>CAPÍTULO III</b>		
Figura 1	- Diagrama simplificado do balanço de nutrientes	94
Figura 2	- Fases de acúmulo, destruição e equilíbrio da matéria orgânica do solo.	99
Figura 3	- Relação entre a produção e os teores de nutrientes disponíveis para a planta	105
Figura 4	- Esquema simplificado do balanço de nutrientes de um sistema de produção vegetal em estabelecimento com integração agricultura-pecuária	107
Figura 5	- Diagrama simplificado do balanço de nutrientes dos sistemas de produção	109
<b>CAPÍTULO IV</b>		
Figura 1	- Diagrama de uma plantação de Pinho, na Suécia.	130
Figura 2	- Hierarquia emergética	131
Figura 3	- Diagrama resumido de um sistema de produção genérico.	131
Figura 4	- Diagrama de um sistema de produção genérico considerando a porção renovável e não renovável dos recursos da economia	133
Figura 5	- Emdólar ou razão emergia por dinheiro utilizado no Brasil	135
Figura 6	- Diagrama do intercâmbio emergético	140
Figura 7	- Diagrama geral de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico	145
Figura 8	- Diagrama de sistema diversificado de produção e comercialização de olerícolas sob manejo orgânico, em estabelecimento familiar-empresarial, com contratação de mão-de-obra permanente (sistema 1)	145
Figura 9	- Diagrama dos sistemas de produção de olerícolas diversificadas sob manejo orgânico, em estabelecimento familiar com contratação de mão-de-obra local (sistemas 2 e 3)	146
Figura 10	- Diagrama de sistema orgânico especializado de produção de olerícolas, em propriedade familiar, sem contratação de mão-de-obra (sistemas 4 e 5)	146
Figura 11	- Hierarquia emergética das unidades de produção	153
Figura 12	- Renovabilidade (Rm) das unidades de produção	154
Figura 13	- Taxas de rendimento (EYRm) das unidades de produção	154
Figura 14	- Taxas de investimento (EIRm) das unidades de produção	155
Figura 15	- Carga ambiental (ELRm) das unidades de produção	156
Figura 16	- Taxa de intercâmbio emergético (EERm) das unidades de produção	156
Figura 17	- Índice de sustentabilidade (EISm) das unidades de produção	157
Figura 18	- Diagrama ternário dos sistemas de maior e menor índice de sustentabilidade	158
Figura 19	- Diagrama emergético ternário das cinco unidades de produção	159

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>		<b>1</b>
1	OBJETIVO GERAL	2
1.1	Objetivos específicos	2
2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E MATERIAIS	3
2.1	Caracterização Geral da Região Serrana Fluminense	4
2.2	Caracterização Geral dos Agroecossistemas	6
2.3	Caracterização dos Solos	7
3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
<b>CAPÍTULO I</b>		<b>11</b>
<b>HISTÓRIA E CAMINHOS DA OLERICULTURA ORGÂNICA NA REGIÃO SERRANA FLUMINENSE</b>		
	RESUMO	13
	ABSTRACT	14
1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5	CONCLUSÕES	24
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
<b>CAPÍTULO II</b>		<b>27</b>
<b>USO DO MÉTODO IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricole) PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE UNIDADES DE PRODUÇÃO DE OLERÍCOLAS ORGÂNICAS</b>		
	RESUMO	29
	ABSTRACT	30
1	INTRODUÇÃO	31
2	REVISÃO DE LITERATURA	32
3	MATERIAL E MÉTODOS	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Tabulação dos Indicadores	42
4.1.1	Diversidade de culturas anuais (A1)	44
4.1.2	Diversidade de culturas perenes (A2)	46
4.1.3	Diversidade vegetal associada (A3)	47
4.1.4	Diversidade animal (A4)	47
4.1.5	Valorização e conservação da agrobiodiversidade (A5)	48
4.1.6	Rotação das culturas (A6)	50
4.1.7	Tamanho das parcelas (A7)	53
4.1.8	Gestão de materiais orgânicos (A8)	54
4.1.9	Zonas de regulação ecológica (A9)	55
4.1.10	Patrimônio natural (A10)	56
4.1.11	Capacidade de carga animal (A11)	56

<u>Continuação</u>		
4.1.12	Gestão das superfícies forrageiras (A12)	58
4.1.13	Fertilização (A13)	58
4.1.14	Tratamento de efluentes (A14)	60
4.1.15	Pesticidas e produtos veterinários (A15)	60
4.1.16	Bem-estar animal (A16)	61
4.1.17	Proteção dos solos (A17)	62
4.1.18	Gestão dos recursos hídricos (A18)	62
4.1.19	Dependência energética (A19)	63
4.1.20	Qualidade dos produtos (B1)	64
4.1.21	Valorização do patrimônio construído e da paisagem (B2)	65
4.1.22	Tratamento de resíduos não orgânicos (B3)	66
4.1.23	Acessibilidade (B4)	66
4.1.24	Participação social (B5)	67
4.1.25	Cadeias de comercialização (B6)	67
4.1.26	Serviços e pluriatividade (B7)	69
4.1.27	Geração de empregos (B8)	69
4.1.28	Trabalho coletivo (B9)	71
4.1.29	Perenidade presumida (B10)	72
4.1.30	Contribuição ao equilíbrio alimentar (B11)	73
4.1.31	Formação e capacitação (B12)	74
4.1.32	Intensidade do trabalho (B13)	74
4.1.33	Qualidade de vida (B14)	75
4.1.34	Isolamento (B15)	75
4.1.35	Acolhida, higiene e segurança (B16)	76
4.1.36	Viabilidade econômica (C1)	77
4.1.37	Taxa de especialização (C2)	78
4.1.38	Autonomia financeira (C3)	79
4.1.39	Sensibilidade às ajudas diretas (C4)	79
4.1.40	Transmissibilidade (C5)	80
4.1.41	Eficiência (C6)	82
4.2	Representações Gráficas dos Indicadores	82
5	CONCLUSÕES	86
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

---

<b>CAPÍTULO III</b>		89
<b>BALANÇO DE NUTRIENTES DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE OLERÍCOLAS SOB MANEJO ORGÂNICO</b>		

---

	RESUMO	91
	ABSTRACT	92
1	INTRODUÇÃO	93
2	REVISÃO DA LITERATURA	97
2.1	O Solo	97
2.2	A Matéria Orgânica do Solo	98

Continuação

2.3	Nutrientes Essenciais	100
2.3.1	Nitrogênio	100
2.3.2	Fósforo	101
2.3.3	Potássio	101
2.3.4	Cálcio	102
2.3.5	Magnésio	102
2.4	Adubação Orgânica	103
2.5	Modelos de Fertilização	104
2.6	Balanço de Nutrientes	106
2.7	Balanço de Nutrientes em Sistemas Orgânicos	108
3	MATERIAL E MÉTODOS	109
3.1	Cálculo do Balanço de Nutrientes	109
3.2	Análise de Nutrientes dos Compostos Orgânicos e Tecidos Vegetais	111
3.2.1	Amostragem dos compostos orgânicos	111
3.2.2	Amostragem dos tecidos vegetais	111
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	113
4.1	Entradas de Nutrientes Via Fertilizantes Orgânicos	113
4.2	Saídas de Nutrientes pelas Colheitas	114
4.3	Balanço de Nutrientes	115
4.4	Perdas de Solos	117
6	CONCLUSÕES	118
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119

---

**CAPÍTULO IV**

125

**ANÁLISE EMERGÉTICA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE OLERÍCOLAS  
SOB MANEJO ORGÂNICO**

---

	RESUMO	127
	ABSTRACT	128
1	INTRODUÇÃO	129
2	REVISÃO DA LITERATURA	130
2.1	Procedimentos Básicos para Avaliação Emergética	132
2.1.1	Diagrama sistêmico	132
2.1.2	Tabela de cálculo da energia	134
2.1.3	Indicadores emergéticos	136
2.1.3.1	Transformidade	137
2.1.3.2	Renovabilidade	137
2.1.3.3	Taxa de rendimento emergética	138
2.1.3.4	Taxa de investimento emergético	138
2.1.3.5	Carga ambiental	138
2.1.3.6	Índice de sustentabilidade emergética	139
2.1.3.7	Taxa de intercâmbio emergético	140
2.1.3.8	Rentabilidade econômico-ambiental	141
2.1.3.9	Densidade emergética	141

<u>Continuação</u>		
2.2	Diagrama Ternário de Emergia	141
2.3	Área de Suporte	141
3	MATERIAL E MÉTODOS	143
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	145
5	CONCLUSÕES	162
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
<b>CONCLUSÕES GERAIS</b>		<b>165</b>
<hr/>		
ANEXOS		167
Anexo A	Fotografias e imagens das cinco unidades de produção estudadas	167
Anexo B		169
Anexo B.1	Erosão hídrica por meio da Equação Universal de Perda de Solo (USLE)	169
Anexo B.2	Quantidades de nutrientes exportados dos sistemas de produção	176
Anexo B.2.1	Quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 1	176
Anexo B.2.2	Quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 2	178
Anexo B.2.3	Quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 3	179
Anexo B.2.4	Quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 4	180
Anexo B.2.5	Quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 5	180
Anexo C		181
Anexo C.1	Notas da Tabela 10 – Unidade de Produção 1	181
Anexo C.2	Notas da Tabela 11 – Unidade de Produção 2	187
Anexo C.3	Notas da Tabela 12 – Unidade de Produção 3	191
Anexo C.4	Notas da Tabela 13 – Unidade de Produção 4	195
Anexo C.5	Notas da Tabela 14 – Unidade de Produção 5	199
Anexo C.6	Referências Bibliográficas das Notas das Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14,	201
<hr/>		



## INTRODUÇÃO GERAL

A modernização da agricultura privilegiou o aumento de produtividade como o índice para avaliar a eficiência dos agroecossistemas. Os rendimentos aumentaram, temporariamente; mas, também, evoluíram os custos ambiental, social e econômico.

Em contraponto ao modelo convencional, surgiu o movimento de agricultura alternativa que busca sustentabilidade através da autonomia local, aumento da diversidade e redução da dependência de insumos industriais (combustíveis fósseis), além de excluir amplamente o uso de agroquímicos (fertilizantes solúveis e agrotóxicos).

A necessidade da mudança de paradigma dos sistemas de produção e consumo foi evidenciada na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, em 1992, quando a maioria dos países membros comprometeu-se com a Agenda 21. Os compromissos para o desenvolvimento sustentável da agricultura foram reafirmados durante a Cúpula de Joanesburgo (Rio+10), em 2002 (MMA, 2007).

Atualmente, a noção de agricultura sustentável é um consenso: são aqueles estilos de agricultura ecologicamente apropriados, socialmente justos e economicamente viáveis (Sevilla Guzmán, 2003; Zahm et al. 2006). Entretanto, para a verificação do conceito de agricultura sustentável suscitam-se algumas questões científicas, dentre elas:

- Como determinar a sustentabilidade dos agroecossistemas?
- Quais são as principais variáveis para a determinação da sustentabilidade econômica, ambiental e social?
- Como são construídos os agroecossistemas sustentáveis, em uma determinada biorregião?

As respostas a essas perguntas estão relacionadas à tarefa de identificar características operacionais específicas que são as chaves para o entendimento do funcionamento dos agroecossistemas e determinar em que nível ou condição os parâmetros devem ser mantidos para que o funcionamento sustentável possa ocorrer.

Em outras palavras, mensurar a sustentabilidade dos agroecossistemas através de indicadores que permitam monitorar mudanças complexas de comportamento dos sistemas de produção, quantificando o caminho percorrido em direção a determinadas metas de sustentabilidade.

Os indicadores são chamados por uma gama de nomes: parâmetros, variáveis, mensuração indireta, mensuração estatística, valores, medidores, índices, modelos empíricos das condições reais, dentre outros (Gallopín, 1977 *apud* Zahm et al., 2006).

A avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas é, portanto, uma problemática bastante recente. Em geral, os estudos têm reportado vantagens, desvantagem e necessidades de adaptação dos métodos disponíveis, para que sirvam de instrumento didático-pedagógico, planejamento e orientação de políticas públicas visando à melhoria de qualidade da vida, e, em consequência, para o desenvolvimento da agricultura sustentável, ao longo prazo (Altieri, 2002; Van Bellen, 2002; Jesus, 2003; Ortega, 2003; Gliessman, 2005; Zahm et al. 2006).

No estado do Rio de Janeiro, a produção e o consumo de hortaliças são atividade e hábito bastante característicos dos agricultores e consumidores fluminenses, representando cerca de 8% da produção nacional e o maior nível de consumo *per capita* do Brasil, alcançando 54,3 kg por ano. A produção de hortaliças proporciona renda anual variando de US\$ 2 a 25 mil por hectare, gerando de três a seis empregos diretos, principalmente a mão-de-obra familiar (EMBRAPA- CNPH, 2000; Guerra et al., 2007).

Neste contexto, a olericultura tornou-se uma oportunidade para melhoria da renda e qualidade de vida dos produtores fluminenses; particularmente, a produção orgânica pela redução de insumos industrializados (com preços crescentes) e expansão do consumo de alimentos orgânicos (com preços mais justos e estáveis).

Em 1984, foi criada a primeira associação de produtores orgânicos no Brasil - Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro - (ABIO). Hoje, os produtos orgânicos são comercializados em feiras, lojas, restaurantes, redes de supermercados e cestas em domicílios, sendo que uma porção importante da oferta de olerícolas é oriunda da Região Serrana Fluminense (Guerra et al., 2007).

Diversos autores consideram que os agroecossistemas bem sucedidos e os conhecimentos acumulados pelos agricultores (agricultores-experimentadores) são fontes inspiradoras para se conceber princípios e inovações para o desenho de sistemas de produção sustentáveis, ao mesmo tempo em que são encaminhadas mudanças nos diversos setores da cadeia agro-alimentar (Wanderley, 1999; Altieri, 2002; Assis, 2002; Sevilla Guzmán, 2003; Gliessman, 2005).

O presente estudo sobre a olericultura orgânica em cinco unidades de produção familiares pretende contribuir para o desenvolvimento da agricultura sustentável na Região Serrana Fluminense.

A **hipótese** desse trabalho é a de que o uso combinado de sistemas de indicadores possibilita o diagnóstico da sustentabilidade de agroecossistemas sob manejo orgânico.

## 1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho de pesquisa é contribuir para a sistematização de dados sobre a olericultura orgânica em unidades familiares na Região Serrana Fluminense, por meio da avaliação da sustentabilidade, utilizando diferentes conjuntos de indicadores, com fundamento nos princípios científicos da Agroecologia, de forma a fornecer subsídios técnicos-científicos aos agricultores e demais tomadores de decisão.

### 1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Reconstituir a história da olericultura orgânica no território de estudo.
- Determinar a sustentabilidade de cinco sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, utilizando: (i) o método IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*); (ii) o balanço parcial de nutrientes; (iii) a análise emergética.
- Avaliar os métodos empregados, destacando aspectos importantes e, eventualmente, sugestões para adaptá-los às condições da olericultura orgânica, no território de estudo.
- Estabelecer comparações entre as cinco (5) unidades estudadas, com base nos três métodos de avaliação da sustentabilidade.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E MATERIAIS

Os procedimentos metodológicos visaram a estabelecer um conjunto de informações para a consecução de avaliações (quali-quantitativas) da sustentabilidade dos agroecossistemas estudados, observadas as seguintes etapas:

- Articulação da pesquisa com as iniciativas locais;
- Seleção de cinco (5) unidades de produção, por meio de consultas aos produtores, lideranças e instituições locais;
- Reconstituição da história da olericultura orgânica no território;
- Aplicação de três métodos específicos de avaliação da sustentabilidade: IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*), balanço parcial de nutrientes e análise emergética.
- Instalação do projeto de pesquisa no território de estudo, durante o período de um ano, para levantamento dos dados.

A pesquisa da sustentabilidade de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico foi realizada nos municípios de Petrópolis e São José do Vale do Rio Preto (SJVRP), na biorregião serrana da Mata Atlântica, no estado do Rio de Janeiro.

A seleção dirigida das cinco unidades de estudo justifica-se pela representatividade dos sistemas orgânicos na Região Serrana Fluminense, disponibilidade de tempo e de outros recursos para realização do trabalho de pesquisa.

Os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico foram selecionados a partir do cadastro da Associação dos Produtores Orgânicos do Vale do Rio Preto.

Inicialmente, os agroecossistemas foram pré-classificados em dois grupos: (i) certificados (15 produtores); e, (ii) em processo de conversão (62 produtores). Depois disso, foram selecionadas cinco unidades produtivas, por meio de consultas aos produtores, lideranças e representantes de diferentes instituições (Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro – ABIO; Associação dos Produtores Orgânicos do Vale do Rio Preto - Horta Orgânica; Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro - EMATER-RJ; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia - Embrapa-Agrobiologia; e, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ).

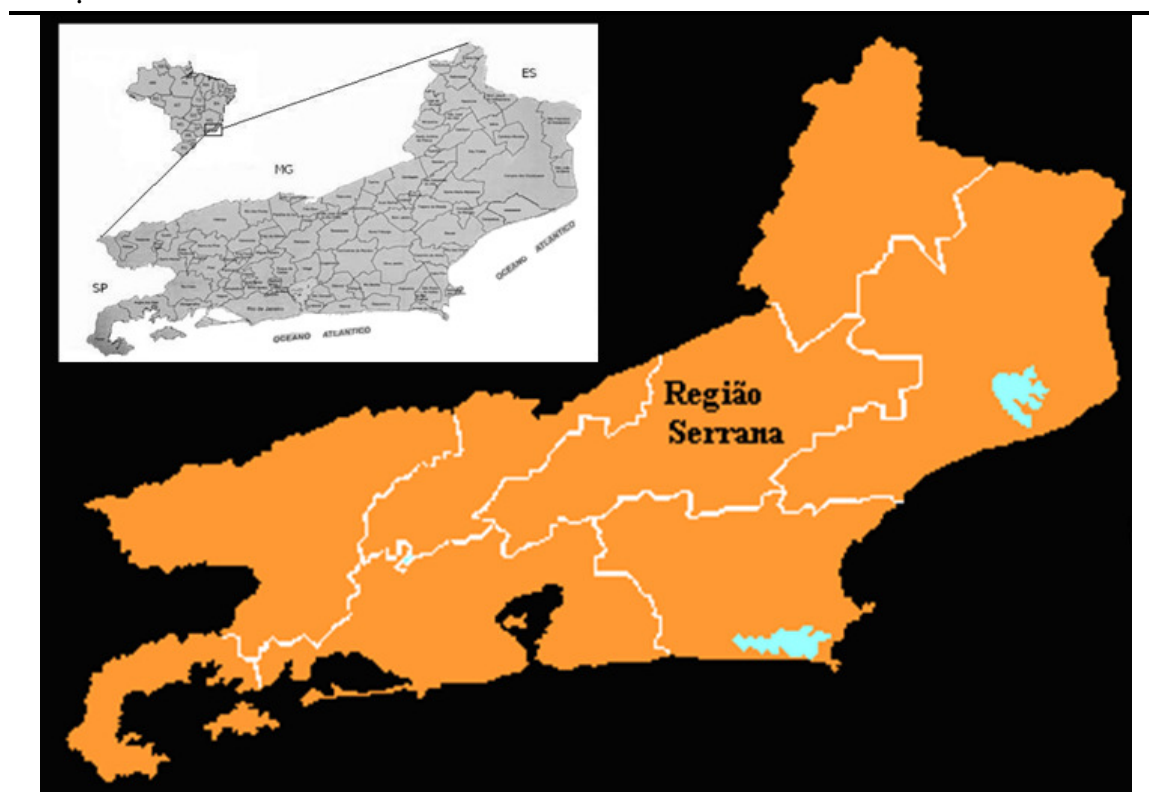
Finalmente, as cinco unidades selecionadas foram de produtores certificados pela ABIO, com disponibilidade para participar do trabalho de pesquisa, registrar dados, ceder informações e materiais (tecidos vegetais, compostos orgânicos e amostras solos).

Entre as cinco unidades de produção selecionadas, três estabelecimentos familiares são sistemas de produção de olerícolas mais diversificados (hortaliças herbáceas, tuberosas e frutos), pertencentes ao núcleo do Brejal, no município de Petrópolis; e, duas propriedades familiares são de sistemas de produção mais especializados (hortaliças frutos, principalmente com o cultivo de chuchu - *Sechium edule*), localizadas no Morro Grande, município de São José do Vale do Rio Preto.

O levantamento de dados primários das cinco unidades produtivas selecionadas para consecução dos trabalhos foi realizado por meio de entrevistas com os produtores e outros informantes, medições e amostragens diretas no campo e processamento no laboratório, acompanhamento e monitoramento dos agroecossistemas estudados durante o período de janeiro a dezembro de 2008.

## 2.1 Caracterização Geral da Região Serrana Fluminense

As cinco (5) unidades de produção selecionadas para este estudo pertencem à Região Serrana Fluminense (Figura 1).



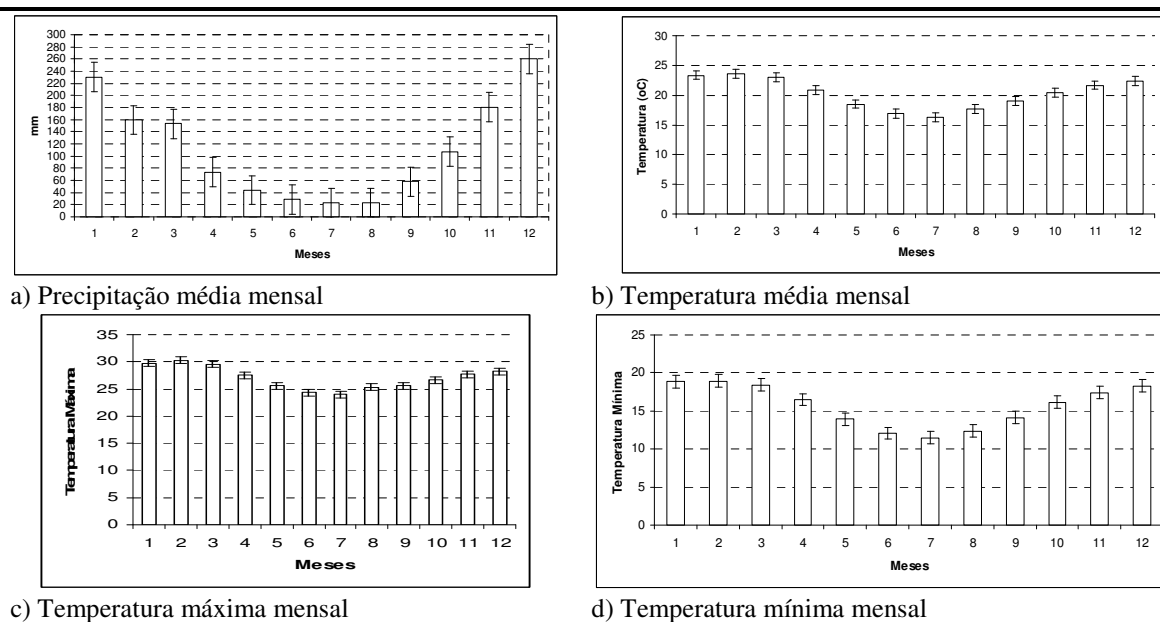
**Figura 1** – Região Serrana Fluminense. Municípios: Bom Jardim, Cantagalo, Carmo, Cordeiro, Duas Barras, Nova Friburgo, Petrópolis, Santa Maria Madalena, São José do Vale do Rio Preto, São Sebastião do Alto, Sumidouro, Teresópolis e Trajano de Moraes.

A Região Serrana apresenta relevo ondulado a forte ondulado. Os vales são estreitos e compridos, cortados por rios e córregos, apresentando relevo plano a suave ondulado.

Em geral, os solos são de baixa fertilidade (química) natural, representados principalmente por: *Latossolos Vermelhos-Amarelos*, *Argissolos Vermelho-Amarelos e Vermelhos*; ocasionalmente, nas posições mais elevadas, ocorrem *Cambissolos Háplicos* (EMBRAPA, 2003).

Normalmente, estes solos são indicados para o cultivo, desde que sejam adotadas medidas de conservação e certas restrições à mecanização. Nos vales, os solos são de textura argilosa ou muito argilosa e, às vezes, apresentam restrições de drenagem e risco de inundação das baixadas; quando cultivados, são indicados para lavouras especiais: hortaliças, arroz e outros cultivos anuais adaptados à deficiência de aeração dos solos

O clima da Região Serrana Fluminense (Figura 2) caracteriza-se pela temperatura média anual de 20 °C, a temperatura máxima média anual de 27° C e a temperatura mínima média anual de 16° C. A estação chuvosa e quente ocorre de novembro a abril (verão); e, a estação seca e fria de maio a outubro (inverno), sendo que julho é o mês mais frio e seco do ano (EMBRAPA, 2003; SIMERJ, 2008).



**Figura 2** – Normais climatológicas da Região Serrana Fluminense

Fonte: elaborado com dados da SIMERJ, 2008

A precipitação média anual varia de 1300 até 1600 mm, relativas às altitudes de 800 a 1200 mm (EMBRAPA, 2003). De acordo com Davis & Naghettini (2000), o mapa das isoietas das precipitações médias ilustra a distribuição das chuvas no estado do Rio de Janeiro

O balanço hídrico climatológico mostra moderada deficiência hídrica, com estação seca de 3 a 4 meses (maio-junho-julho-agosto), concentrada no período de inverno (INMET, 2008).

## 2.2 Caracterização Geral dos Agroecossistemas

Como mencionado, foram selecionadas cinco unidades de produção de olerícolas sob manejo orgânico. No município de Petrópolis, foram selecionados três agroecossistemas, considerados sistemas de produção mais diversificados (hortaliças herbáceas, tuberosas e frutos); e, no município de São José do Vale do Rio Preto (SJVRP), foram selecionados dois sistemas de produção mais especializados (hortaliças frutos, principalmente chuchu) (Tabela 1).

O levantamento de dados das unidades produtivas consistiu-se, primeiramente, da elaboração de mapas (croquis) para a localização e cálculo da superfície agrícola útil (SAU), que foram realizados com auxílio de GPS (Etrex-venture-garmin) e trena.

A SAU média foi calculada pela medição das unidades produtivas em diferentes épocas do ano; haja vista serem os sistemas de produção de olerícolas bastante dinâmicos, onde áreas em pousio (curto) entram em produção (vice-versa) e, também, diversos cultivos sucessivos são realizados em numa mesma gleba, durante o ano.

**Tabela 1** – Localização e tipologia das cinco unidades de produção selecionadas

Código	Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Tipologia geral	SAU <sup>(1)</sup>
1	Petrópolis	22° 16'	43° 02'	926	Estabelecimento familiar-empresarial diversificado	0,7
2	Petrópolis	22° 15'	42° 58'	1.081	Estabelecimento familiar diversificado	0,7
3	Petrópolis	22° 15'	42° 58'	1.065	Estabelecimento familiar diversificado	0,8
4	SJVRP	22° 11'	42° 55'	722	Propriedade familiar especializado	0,3
5	SJVRP	22° 11'	42° 55'	719	Propriedade familiar especializado	0,4

<sup>(1)</sup> SAU: superfície agrícola utilizada em hectares.

A unidade de produção 1 (código 1) é um **estabelecimento familiar-empresarial**, formado da parceria de uma família de agricultores experimentados e outra família de proprietários da terra (Foto 1, Anexo A). Trata-se de um sistema de **produção e comercialização** de olerícolas orgânicas diversificadas (hortaliças herbáceas, tuberosas e frutos), com entregas de cestas em domicílios, hotéis, lojas e restaurantes (arranjo produtivo em cadeia curta).

As unidades de produção 2 e 3 (códigos 2 e 3) são **estabelecimentos familiares** dotados de sistemas de produção **olerícolas orgânicas diversificados** (hortaliças herbáceas, tuberosas e frutos), onde os produtos são vendidos para **intermediários** (Imagem 1, Anexo A), que os revendem para restaurantes, feirantes, lojas, supermercados, entre outros (arranjo produtivo em cadeia longa)<sup>1</sup>.

As unidades de produção 4 e 5 (códigos 4 e 5) são propriedades familiares originárias de desmembramento por herança; e, constituem-se em **sistemas de produção de olerícolas orgânicas especializados** (hortaliças frutos, principalmente chuchu, além de vagens e tomates), onde os produtos são vendidos para **intermediários** (arranjo produtivo em cadeia longa) (Imagem 2, Anexo A).

Nos três agroecossistemas mais diversificados (códigos 1, 2 e 3), **as práticas agrícolas principais são**: pousio (meses), rotação de culturas, sendo que o preparo do terreno varia desde o plantio em cova até o revolvimento do solo com uso de micro-tractor (incorporação de resíduos vegetais verdes) conforme o tipo de olerícola cultivada. A adubação é feita com composto orgânico (resíduo de matadouro de aves); porém, as áreas apresentam histórico de uso de adubos minerais (N, P, K e calcário) quando eram cultivados de maneira convencional ou usados como pastagens, antes da conversão para sistemas orgânicos<sup>2</sup>. Os tratos culturais principais são as capinas e as roçadas manuais (alternadas), mantendo-se o solo coberto com plantas espontâneas durante a maior parte do ciclo das culturas; e, em menor escala, utiliza-se cobertura morta. Para o controle fitossanitário utilizam-se caldas (sulfocálcica e bordalesa), eventualmente; porém, não se registrou aplicação durante o período de estudo.

E, as outras duas unidades de produção mais especializadas (códigos 4 e 5), **as principais práticas agrícolas são**: pousio curto (meses), plantio anual do chuchu, em rotação ou consorciado com outras olerícolas fruto, como o tomate e a vagem. O preparo do solo é exclusivamente manual, com abertura de covas. A fertilização também é feita com composto orgânico de aves (resíduo de matadouro e cama de frango), em dose única ou parcelada. O trato cultural é exclusivamente a roçada manual, mantendo-se o solo coberto com plantas espontâneas ao longo de todo o ano. No controle fitossanitário utilizam-se caldas caseiras, raramente; mas, faz-se a retirada manual das folhas e ramos velhos e doentes, que são deixados sobre o solo.

<sup>1</sup> Embora, uma pequena parte da produção esta sendo vendida diretamente em feiras.

<sup>2</sup> Todos os agricultores têm mais de 10 anos de experiência em cultivos orgânicos.

### 2.3 Caracterização dos Solos

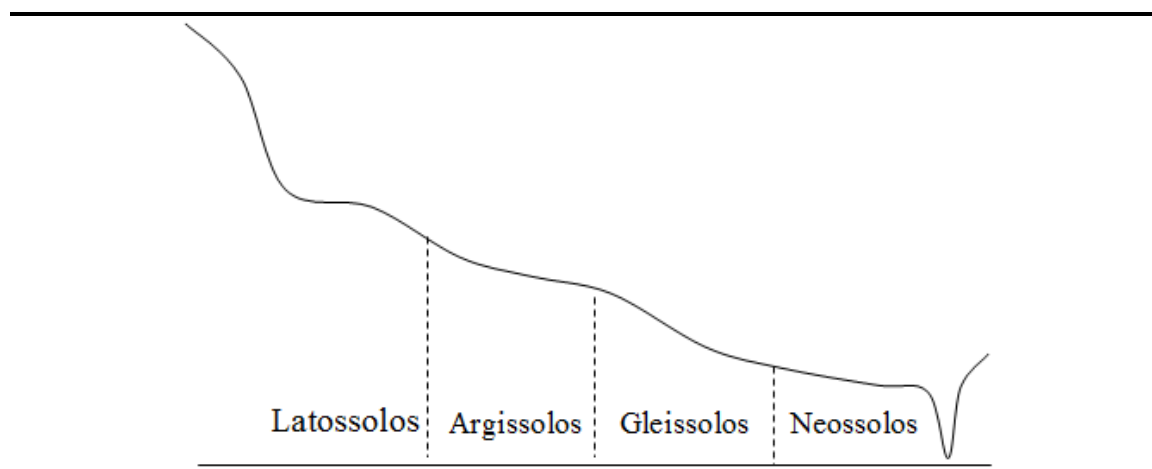
Os solos das cinco unidades de produção estudadas foram classificados em nível de ordem, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 1999).

A classificação expedita dos solos foi feita por meio de tradagem e observações de amostras até 1m de profundidade. Os solos predominantes são: Latossolos, Argissolos, Gleissolos e Neossolos (Tabela 2).

**Tabela 2** – Classificação dos solos das unidades de produção

Código das unidades de produção	Classificação dos solos
1	Latossolos
2	Argissolos, Gleissolos e Neossolos
3	Latossolos e Gleissolos
4	Latossolos e Gleissolos
5	Latossolos e Gleissolos

A relação solo-paisagem verificada nas cinco unidades de produção apresentou os *Latossolos* situados nas cotas mais elevadas do terreno, seguidos pelos *Argissolos*. E, nas cotas e declividades menores do terreno encontraram-se os *Gleissolos* e *Neossolos*, próximos aos cursos d'água (Figura 3).



**Figura 3** – Toposeqüência dos solos das unidades de produção

A caracterização da fertilidade dos solos das cinco unidades de produção estudadas (Tabelas 3 e 4) foi realizada através de métodos de análises física e química de amostras que foram processadas nos laboratórios da Embrapa-Agrobiologia e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), de acordo com o Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 1997).

**Tabela 3** – Características granulométricas dos solos das unidades de produção

Unidades de produção <sup>(1)</sup>	Areia Total (%)	Areia Fina (%)	Argila Natural (%)	Silte (%)	Classe
1	66	5	23	11	Franco-arenosa
2	58	4	26	16	Franco-arenosa
3	69	10	23	8	Franco-arenosa
4	54	7	40	6	Franco-argilosa
5	59	6	35	6	Franco-argilosa

<sup>(1)</sup> Dados médios das amostras: 1 e 2= 7 amostras; 3= 9 amostras; 4= 6 amostras; 5 = 5 amostras.

**Tabela 4** – Características químicas dos solos na camada de 0,00 a 0,20 m de profundidade

Unidades de produção	pH Água	N total g.kg <sup>-1</sup>	P mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Ca <sup>++</sup> Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	Mg <sup>++</sup> Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	Corg g.kg <sup>-1</sup>	MOS %
1	5,52	1,8	78,73	64,50	3,29	0,64	15,7	2,71
2	5,66	3,1	130,43	50,93	6,34	0,58	33,3	5,74
3	6,12	2,4	756,12	79,17	10,17	1,06	22,8	3,92
4	6,03	1,4	139,12	179,67	3,70	0,98	11,9	2,05
5	6,19	1,5	318,71	114,60	5,30	1,10	13,0	2,24

Observação: Os valores são as médias das amostras de solo: sistemas 1 e 2 = 7 amostras; sistema 3 = 9 amostras; sistema 4= 6 amostras; sistema 5= 5 amostras.

De acordo com os parâmetros de interpretação da fertilidade dos solos para o estado do Rio de Janeiro (Almeida et al.,1988), as unidades de produção estudadas apresentam boas condições gerais para o desenvolvimento da olericultura orgânica (Tabela 5).

**Tabela 5** – Níveis de fertilidade química dos solos das unidades de produção

Unidade de produção	pH em água	P mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Ca <sup>++</sup> mais Mg <sup>++</sup> Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	C org g.kg <sup>-1</sup>
1	Moderadamente ácido	Muito Alto	Médio	Médio	Médio
2	Moderadamente ácido	Muito Alto	Médio	Alto	Alto
3	Moderadamente ácido	Muito Alto	Médio	Muito alto	Alto
4	Moderadamente ácido	Muito Alto	Muito alto	Médio	Médio
5	Moderadamente ácido	Muito Alto	Alto	Alto	Médio

Então, as unidades de produção estudadas podem ser caracterizadas por solos de textura franco-arenosa a franco-argilosa (argila de 23 a 40%), pH moderadamente ácido (5,52 a 6,19), concentração de alumínio baixo (0,05 a 0,15 Cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>), percentual de matéria orgânica de média (2,05 a 2,72%) a alto (3,92 a 5,74%), fósforo muito alto (78,73 a 756,12 mg/dm<sup>3</sup>), potássio de médio (50,93 a 79,17 mg/dm<sup>3</sup>) a alto (114,60 a 179,67 mg/dm<sup>3</sup>) e cálcio mais magnésio de médio (3,93 a 4,69 Cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) a alto (6,40 a 6,92 Cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) até muito alto (11,23 Cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>).

A tese está dividida em quatro capítulos. No Capítulo I é apresentada a história da olericultura orgânica na Região Serrana Fluminense, reconstituída por meio de entrevistas e dados da literatura, de acordo com a metodologia descrita por Garcia Filho (1999). No Capítulo II é apresentada a avaliação da sustentabilidade dos cinco agroecossistemas selecionados, considerando as dimensões agro-ambiental, sócio-territorial e econômica, empregando-se o método IDEIA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*)



descrito por Vilain (2000 e 2003). No Capítulo III estimou-se um balanço parcial de nutrientes dos sistemas de produção ( $\Delta S = \Sigma \text{entradas} - \Sigma \text{saídas}$ ), calculado pela diferença entre a quantidade de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) adicionados via composto orgânico (entradas) e a quantidade de nutrientes exportados nos tecidos vegetais comercializados (saídas), indicando-se as possíveis alterações nos estoques destes nutrientes no solo. Por fim, no Capítulo IV foram realizadas as análises emergéticas destes sistemas, que permitem o acesso às informações sobre a eficiência do uso dos recursos ambientais e econômicos, renováveis e não renováveis, através da mensuração da energia usada nos sistemas de produção, de acordo com a metodologia descrita por Odum (1996), Ortega et al. (2002) e Brown & Ulgiati (2004).

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D. L.; SANTOS, G. de A.; DE-POLLI, H. CUNHA, L. H.; FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; PEREIRA, N. N. C.; EIRA, P. A.; BLOISE, R. M.; SALEK, R. C. Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do estado do Rio de Janeiro, 1988. 179 p.
- ALTIERI, M. A. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba,RS: Agropecuária, 2002. 592p.
- ASSIS, R. L. Agroecologia no Brasil: análise do processo de difusão e perspectivas. Campinas: UNICAMP, 2002. 150p (Tese Doutorado).
- BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy analysis and environmental accounting. Encyclopedia of Energy. v 2., 2004. 329-354 p.
- DAVIS, E.G.; NAGHETTINI, M.C. Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro. 2ª ed. CD-ROM-Brasília : CPRM, 2000.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 306p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (Brasília, DF). II Plano Diretor da Embrapa Hortaliças. Brasília: 2000, 44 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Zoneamento Agroecológico do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 113p. (Boletim de Pesquisa de Desenvolvimento. n. 33).
- GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 3.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 653p.
- GUERRA, J. G.; NDIAYE, A.; ASSIS, R. L.; ESPINDOLA, J. A. Uso de plantas de cobertura na valorização de processos ecológicos em sistemas orgânicos de produção na região serrana fluminense. In: Agriculturas, experiências em agroecologia. v.4, n.1. Rio de Janeiro: ASPTA, 2007. p. 24 – 27.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Balanco hídrico climático. [www.inmet.gov.br/html/agro](http://www.inmet.gov.br/html/agro). (acesso em 01.12.2008)
- JESUS, E. L. de. Avaliação da sustentabilidade agrícola: uma abordagem conceitual e metodológica. Seropédica: UFRRJ, 2003. 146p. (Tese de Doutorado).
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Agenda 21. Acesso: [mma.gov.br](http://mma.gov.br), em junho 2007.
- SEVILLA GUZMÁN, E. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável. In: Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p.103-132.
- ODUM, H. T. Environmental accounting: emergy and environmental decision making. New York: John Wiley & Sons. 363 p. 1996
- ORTEGA, E. Indicadores de sustentabilidade sob a perspectiva da análise emergética. In: Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p.73-90.
- ORTEGA, E.; ANAMI, M. H.; DINIZ, G. Certification of food products using emergy analysis. In: Proceedings of 3rd International Workshop Advances in Energy Studies. Porto Venere (Italy), 2002. 227- 237p
- SIMERJ. Sistema de meteorologia do Estado do Rio de Janeiro. Normais climatológicas (1961-1990) da região serrana. Acesso: [www.cbmerj.rj.gov.br/simerj/clima\\_normais/precip\\_serra.htm](http://www.cbmerj.rj.gov.br/simerj/clima_normais/precip_serra.htm) (01.12.2008).
- VAN BELLEN, H.M. Indicadores de sustentabilidade. Florianópolis: UFSC, 2002. 235p. (Tese de Doutorado).
- VILAIN, L. (coord.) La Méthode IDEA - Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles: guide d'utilisation. Dijon: Educagri, 2000. 100 p.
- VILAIN, L. (coord.) La Méthode IDEA - Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles: guide d'utilisation. Dijon: Educagri, 2003. 148 p.
- WANDERLEY, M. de N. B. Raízes históricas do campesinato brasileiro. In: Agricultura familiar, realidades e perspectivas. 2 ed. Passo Fundo: EDIUPF, 1999. p.21-55.
- ZANHM, F.; VIAUX, P.; GIRARDIN, P.; VILAN, L.; MOUCHET, C. Farm sustainability assessment using the IDEA method. In International Fórum on Assessing Sustainability in Agriculture. Switzerland, 2006. 20p.

## **CAPÍTULO I**

# **HISTÓRIA E CAMINHOS DA OLERICULTURA ORGÂNICA NA REGIÃO SERRANA FLUMINENSE**

## RESUMO

A reconstituição histórica da olericultura orgânica na região Serrana Fluminense, particularmente nos municípios de Petrópolis e São José do Vale do Rio Preto, visou a reunir elementos capazes de explicar alguns fenômenos relativos à evolução dos agroecossistemas locais, a partir da consulta de documentos e entrevistas com agricultores e outras pessoas escolhidas em virtude da experiência profissional e pessoal no movimento orgânico. A maioria das unidades de produção certificadas pela Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO) desenvolve a olericultura orgânica, cerca de 180 produtores, em imóveis de quatro hectares, em média, principalmente nos núcleos do Brejal (município de Petrópolis) e Nova Friburgo, enquanto que a menor quantidade de produtores encontra-se no município de São José do Vale do Rio Preto. A organização da cadeia produtiva deve considerar que a olericultura orgânica é uma atividade diversificada, em pequena escala, de baixo valor agregado, exercida principalmente por agricultores familiares amplamente distribuídos no território. Isto exige complexa logística de produção, processamento, comercialização, transporte e distribuição. Neste sentido, o processo de gestão da produção orgânica fluminense tem apresentado avanços e retrocessos na busca de soluções coletivas. Em 1979, foi publicado o manifesto 'Comida sem veneno'. Em 1980, surge o primeiro ponto de venda de produtos orgânicos. Em 1981, a Cooperativa de Consumidores da Associação Harmonia Ambiental – Coonatura – estrutura um núcleo de produção de alimentos ecológicos, na localidade do Brejal, distrito de Posse, no município de Petrópolis. Em 1984, foi elaborada a Carta de Petrópolis, durante o II Encontro Brasileiro de Agricultura Alternativa. Em 1985, foi fundada a ABIO, em Nova Friburgo. Em 1986, a Coonatura amplia os núcleos de produção. O sistema associativo de conversão dos sistemas de produção convencionais para o manejo orgânico baseava-se no co-arrendamento, fornecimento de esterco, sementes, pagamento de diárias, horas-extras e comissão por produção para os agricultores, que eram assessorados por um corpo próprio de assistência técnica e extensão rural. A Eco-92 foi um marco para articulação do movimento orgânico. Em 1993, a Coonatura contava com 2800 consumidores associados, central de comercialização e fornecimento do serviço de entrega domiciliar. Em 1994, a Coonatura e ABIO criaram a Feira Ecológica da Glória. Em 1999, foi criada a Associação de Produtores Orgânicos do Vale do Rio Preto, que passou a comercializar produtos da marca *Horta Orgânica*, em supermercados. Desta forma, a organização do sistema de produção e comercialização de olerícolas orgânicas evoluiu de apenas um ponto de venda (1980), passando para uma estrutura com diversos pontos (1993), feiras especializadas (1994) e atendimento da demanda por meio da comercialização em supermercados (2000). O movimento orgânico, particularmente a olericultura, tem aprendido e ensinado algumas lições: instituições gerenciadas por pessoas idealistas precisam de assessorias técnicas; a capacitação continuada (formal e informal) é fundamental; novos arranjos produtivos e institucionais de caráter solidário precisam ser desenvolvidos e o associativismo fortalecido. A história da olericultura orgânica tem raízes no associativismo entre produtores e consumidores, o que tem possibilitado a melhoria da qualidade de vida dos agricultores familiares, na Região Serrana Fluminense.

**Palavras-chaves:** História da olericultura orgânica. Agricultura familiar. Região Serrana Fluminense.

## ABSTRACT

The historical rebuilding of the organic horticulture, in the Fluminense Highland Region, in the state of Rio de Janeiro, particularly in the counties of Petrópolis and São José do Vale do Rio Preto, aimed to bring together elements capable to explain some phenomena relating to development of the local agroecosystems, from consultation to documents and interviews with farmers and other persons chosen because of personal and professional experience in the organic movement. Most of the production units certified by the Biological Farmers Association of the State of Rio de Janeiro (ABIO) it develops the organic horticulture, about 180 producers, in properties of four hectares, on average, mainly in the counties of Petrópolis and Nova Friburgo, while to smallest amount of producers in the county of São José do Vale do Rio Preto. The organization of the productive chain must consider that the organic horticulture is a diversified activity, small-scale, low value added, carried out by family farmers widely distributed in the territory. This requires complex logistics of production, processing, marketing, transportation and distribution. The process of management of the organic production has been presenting progresses and retreats in the search of collective solutions. In 1979, the manifest 'Food without poison' was published. In 1980, the first point of sale of organic products appears. In 1981, the Consumers Cooperative Association of Environmental Harmony – Coonatura - it structures a nucleus for the production of ecological foods, in the county of Petrópolis. In 1984, the Letter of Petrópolis was elaborated, during the II Brazilian Encounter of Alternative Agriculture. In 1985, ABIO was founded, in the city of Nova Friburgo. In 1986, Coonatura enlarges the organic production. The associative system of conversion of the conventional production systems to organic management was based on the co-leasing of the land, manure supply, seeds, payment of daily rates, overtime and commission on production for farmers, who were advised by an own body of technical assistance. The Eco-92 was important to articulation of the organic movement. In 1993, Coonatura counted on 2800 associated consumers, central marketing and supply of home delivery service. In 1994, Coonatura and ABIO created the Ecological Fair of Gloria. In 1999, the Association of Organic Producers of Black River Valley was created, that it started to sell organic products with own mark in supermarkets. Thus, the organization of the system of production and marketing of organic vegetables grown by only a point of sale (1980), passing for a structure with several points (1993), specialized fairs (1994) and service demand through the commercialization in supermarkets (2000). The organic movement, particularly the horticulture, has been learning and taught some lessons: institutions managed by idealistic people need of technical assistance, continuous training (formal and informal) is central, new productive and institutional arrangements of solidary character must be developed and strengthened partnerships. The history of organic horticulture has roots in associationism between producers and consumers, which has enable the improvement of the family farmers' quality of life, in the Fluminense Highland Region of the Rio de Janeiro State.

**Key words:** History of the organic horticulture. Family farm. Fluminense Highland Region of the Rio de Janeiro State.

# 1 INTRODUÇÃO

A agricultura familiar é constituída principalmente por pequenas e médias unidades que representam a imensa maioria (85%) dos produtores rurais no Brasil. São cerca de 4,1 milhões de estabelecimentos familiares, que detém 30% das terras e respondem por 40% da produção global brasileira (INCRA, 2000). Em alguns produtos básicos da dieta do brasileiro, como o feijão, arroz, milho, mandioca, hortaliças e pequenos animais, a agricultura familiar é responsável por 60% da produção (MAPA, 2004).

A produção e o consumo de hortaliças são atividade e hábito bastante característicos dos agricultores e consumidores fluminenses, representando cerca de 8% da produção nacional e o maior nível de consumo *per capita* do Brasil, alcançando 54,3 kg por ano. E, a renda anual para o produtor de hortaliças varia de US\$ 2 a 25 mil por hectare, gerando de três a seis empregos diretos, principalmente com o uso intensivo da mão-de-obra familiar (EMBRAPA- CNPH, 2000; Guerra et. al., 2007).

Inicialmente, a conversão de pequenas comunidades rurais em unidades orgânicas de produção e processamento de frutas, olerícolas, laticínios, entre outros produtos, era tímida e circunscrita a pequenos grupos alternativos. A conscientização cada vez maior da população em relação aos problemas ecológicos e os malefícios da agroquímica fizeram que o número de consumidores crescesse e a oferta se tornasse, de certa forma, insatisfatória. Hoje, diversas experiências demonstram a viabilidade técnica dos modelos agroecológicos de produção (Assis, 2005). Pode-se encontrar uma diversidade de produtos orgânicos oriundos destas comunidades, com marca própria e registro nos órgãos oficiais de defesa sanitária, nas feiras e prateleiras dos supermercados, no estado do Rio de Janeiro.

A FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação) realizou em Roma, entre 3 e 5 de maio de 2007, a Conferência Internacional sobre Agricultura Orgânica e Segurança Alimentar, quando se ressaltou a importância e o potencial da agricultura orgânica para a produção sustentável e o abastecimento global de alimentos.

Atualmente, a agricultura orgânica é praticada em mais de 135 países, por cerca de 700 mil produtores, em 31 milhões de hectares, que ocupam aproximadamente 0,65% das áreas agrícolas. O mercado de produtos orgânicos superou a marca de US\$ 40 bilhões, devendo atingir US\$ 70 bilhões, em 2012 (FAO, 2007; IFOAM & FiBL, 2008).

A Oceania apresenta 42% das áreas sob manejo orgânico, seguido da Europa (24%) e América Latina (16%). A Austrália é o país com maior área sob manejo orgânico (12,3 milhões de hectares), seguida da China (2,3 milhões ha), Argentina (2,2 milhões ha) e os Estados Unidos (1,6 milhão ha) (IFOAM & FiBL, 2008).

No Brasil, o mercado de produtos orgânicos cresceu em média 50% por ano, na década de 1990. Em 1999, a receita era de US\$ 150 milhões; mas, o consumo interno representou apenas US\$ 20 milhões, sendo que a maior parte (US\$ 130 milhões) exportada para países como Alemanha, França, Japão e Estados Unidos. Em 2007, as vendas de produtos orgânicos superaram US\$ 640 milhões (MAPA, 2006; 2008).

A área certificada brasileira supera 880 mil hectares, a maioria é pastagem permanente, sendo apenas 25% com outras culturas; além de 5,6 milhões de hectares de áreas nativas certificadas. Os principais produtos de exportação são bananas, açúcar, café, soja e milho. Entretanto, as exportações de carnes têm apresentado rápido crescimento. Os setores de produção de tecidos, cosméticos e sucos de frutas também apresentam crescimento (IFOAM & FiBL, 2008).

De acordo com Fonseca (2005), os países de baixa renda (PBR), como o Brasil, exportam matérias-primas (*commodities*) orgânicas para os países de alta renda (PAR), enquanto o mercado interno dos PBR é abastecido com os excedentes da exportação; além

disso, a produção de frutas, legumes e verduras (FLV) e pequenos animais são produzidos principalmente pela agricultura familiar (muitas vezes vendidos sem prêmio no preço de mercado).

Segundo o MAPA (2006), existem mais de 15 mil produtores orgânicos; entretanto, para a IFOAM & FiBL (2008), as estatísticas não incluem mais 190 mil agricultores familiares que não estão formalmente certificados; mas, pertencem ao movimento orgânico.

O mercado doméstico brasileiro é o mais desenvolvido da América Latina. Os principais produtos são: frutas, legumes e verduras (FLV). O número de produtos processados (lácteos, conservas, cereais, pães) é também crescente. Nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, os supermercados representam 45% das vendas, seguidos pelas feiras (26%) e lojas especializadas (16%) (Fonseca, 2005; IFOAM & FiBL, 2008).

O setor de FLV orgânicos (sem agrotóxicos) da rede de supermercados do grupo Pão de Açúcar, em São Paulo, por exemplo, deve faturar mais de R\$ 50 milhões, em 2009 (Kiss, 2009).

O expressivo crescimento do setor de alimentos orgânicos levou os governos de diversos países a criarem suas legislações específicas e estabelecerem programas de fomento e pesquisa.

No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) vem atuando através de sua Comissão Nacional e das Comissões Estaduais (Programa Pró-Orgânico). A produção orgânica brasileira segue as normas estabelecidas pela Lei Nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003; Decreto Nº 6.323, 27 de dezembro de 2007; Instrução Normativa Nº 64, de 12 de dezembro 2008, entre outras.

Conceitua-se um sistema orgânico de produção agropecuária como todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivos a sustentabilidade econômica, ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, os métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003).

Fase o exposto, no presente capítulo objetiva-se reconstituir a história da olericultura orgânica na Região Serrana Fluminense, particularmente nos municípios de Petrópolis e São José do Vale do Rio Preto. Para tanto, foram reunidas informações capazes de subsidiar o entendimento de alguns fenômenos relativos à evolução dos agroecossistemas locais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil, a produção de olerícolas orgânicas está distribuída em aproximadamente: 55% na região Sul; 37% no Sudeste; 6% no Centro-Oeste; 1% no Norte; e, 1% no Nordeste (MAPA, 2006).

A olericultura orgânica tornou-se uma oportunidade para melhoria da renda e qualidade de vida dos produtores, devido tanto à redução do uso de insumos industrializados quanto pela expansão do consumo de alimentos orgânicos.

No estado do Rio de Janeiro, a região Serrana fluminense é uma importante zona de produção de hortaliças orgânicas, cujos produtos são comercializados principalmente por meio de cestas domiciliares, feiras, restaurantes, lojas e supermercados (Guerra et. al. 2007).

A maioria das unidades de produção certificadas pela Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO) desenvolve a olericultura orgânica<sup>3</sup>, em imóveis de até quatro (4) hectares, principalmente nos núcleos de Brejal (município de Petrópolis) e Nova Friburgo, enquanto que a menor quantidade de produtores encontra-se no município de São José do Vale do Rio Preto (Flores, 2006).

Segundo a ABIO (2008), os seus 13 núcleos organizados somam 180 produtores certificados (sócios-agricultores): (i) Brejal, (ii) Cachoeiras de Macacu, (iii) Itaboraí, (iv) Miracema, (v) Nova Friburgo, (vi) Paty do Alferes, (vii) Petrópolis, (viii) Porciúncula, (ix) São José do Vale do Rio Preto, (x) Seropédica-Rio da Prata; (xi) Teresópolis; (xii) Vassouras e (xiii) outros municípios. Além disso, são sete (7) processadores e comerciantes de produtos orgânicos que utilizam o selo de qualidade da ABIO em suas embalagens: Agrinatura; Angelmar Companhia Orgânica; Chácara Le Landeron; Frutifique; Horta Orgânica; Sítio Cultivar; Vale das Palmeiras; e, Vovó Chiquita.

Ademais, registram-se outras redes de produção e comercialização, como Vida Sustentável e Sítio do Moinho, este último pela Associação de Certificação Instituto Biodinâmico (IBD), atuantes na Região Serrana Fluminense.

Nas décadas 1960 e 1970, o território de Petrópolis e São José do Vale do Rio Preto foi o maior pólo avícola das Américas.

A partir da década de 1980, a exploração agrícola pautada no pacote tecnológico convencional, altamente dependente de insumos, entra em declínio, o que desencadeou a estagnação de tecnologias e de investimentos no setor.

As práticas agrícolas inadequadas e o manejo inadequado dos excrementos da avicultura, principalmente os resíduos de abatedouros, geraram um passivo ambiental. Os dejetos gerados pela atividade avícola eram colocados *in natura* nas lavouras. E, dos incubatórios e abatedouros das aves, os resíduos (ovos não eclodidos, cascas, pintos defeituosos e mortos, restos de carcaças, sangue, penas, vísceras, água servida) eram despejados no rio Preto.

Diante deste cenário, agricultores, avicultores e outros agentes buscaram uma nova atividade sustentável e passaram a desenvolver a agricultura orgânica.

Atualmente, o processo de compostagem do lixo agroindustrial e urbano transforma os resíduos em adubo orgânico de excelente qualidade, que está sendo utilizado principalmente pelos agricultores orgânicos.

A reconstrução histórica dos sistemas agrários é fundamental para entender o contexto no qual os agricultores estão trabalhando, o que eles vêm fazendo para melhorar de vida, quem são os principais agentes e como eles interferem na produção agrícola, quais são os potenciais e os limites da sustentabilidade dos agroecossistemas; enfim, convém entender a dinâmica

---

<sup>3</sup> Pode-se estimar a área das unidades de produção de hortaliças certificadas em cerca de 300 hectares, considerando o número de 73 produtores com 4 hectares de área em média ( $73 \times 4 = 292$  ha); porém, sabe-se que a ABIO tem o número de 180 associados.



passada e as suas contradições presentes para prever as tendências futuras de evolução dos sistemas agrários regionais, principalmente para reforço da agricultura familiar e, em consequência, a sua contribuição para o desenvolvimento rural sustentável (Garcia Filho et al, 1999).

A reconstrução histórica é fundamental para entender o contexto no qual os agricultores estão trabalhando, o que eles vêm fazendo para melhorar de vida, quem são os principais agentes e como eles interferem na produção agrícola, quais são os fatores potenciais e os limitantes da evolução dos agroecossistemas; enfim, convém entender a dinâmica passada e as contradições presentes para prever as tendências futuras dos sistemas agrários regionais, principalmente para reforço da agricultura familiar e, em consequência, a sua contribuição para o desenvolvimento rural sustentável.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A reconstituição da história da olericultura orgânica no território estudado está focada principalmente em dois núcleos produtores, nos municípios de Petrópolis e São José do Rio Preto, onde residem os agricultores das cinco (5) unidades produtivas selecionadas.

De acordo com a metodologia descrita por Garcia Filho (1999), foram realizadas entrevistas (individuais e em grupo) com as cinco (5) famílias de agricultores e, também, obtidas informações junto a outros informantes privilegiados; além da consulta a documentos históricos.

As informações fornecidas através das entrevistas foram cruzadas com dados pesquisados em documentos relativos à história dos agroecossistemas estudados <sup>4</sup>.

As pessoas entrevistadas foram escolhidas em virtude da experiência profissional e pessoal no movimento orgânico. Os nomes dos entrevistados foram deliberadamente omitidos. As entrevistas foram realizadas principalmente de maneira informal, às vezes utilizando formulário semi-estruturado, no local de trabalho dos entrevistados, em diversas reuniões no território de estudo, durante o período de janeiro a dezembro de 2008 <sup>5</sup>.

Desta forma, foi realizada uma sistematização das informações, em ordem cronológica dos fatos, sobretudo para estabelecer relações de causa e efeito entre os fatos sócio-ambientais levantados, visando a delinear uma possível história e os novos caminhos da olericultura orgânica na Região Serrana Fluminense.

---

<sup>4</sup> Vide as referências bibliográficas.

<sup>5</sup> Foram entrevistadas mais de dez pessoas e realizadas mais de dez reuniões de grupo; além das consultas aos membros das cinco famílias de agricultores selecionadas para o presente estudo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, é preciso um olhar pragmático sobre a agricultura orgânica (AO) no Brasil. A AO é uma alternativa para a produção estratégica de alimentos de qualidade, que envolve uma massa de agricultores familiares, numa nova relação campo-cidade (camponeses-estado, produtor-consumidor, natureza-sociedade), que se unem aos elos da cadeia de produção orgânica para atender às demandas crescentes da sociedade, desenhando um outro país.

A agricultura orgânica tem enfrentado desafios de diversas ordens (tecnológico, econômico, social e ambiental), particularmente a produção de olerícolas orgânicas, na Região Serrana Fluminense.

Os aspectos climáticos e fitossanitários que influenciam a produção e comercialização de olerícolas orgânicas estão relacionados principalmente a dois períodos distintos do ano: outubro-março, chamado de período de verão; e, (ii) abril-setembro, chamado de inverno.

No período de verão, a demanda aumenta em maior proporção que a produção de olerícolas orgânicas; portanto, a produção encontra certa facilidade de colocação no mercado. Mas, a produção pode sofrer perdas de safra provocadas pelas chuvas e problemas fitossanitários decorrentes; inclusive, pode ocorrer o desabastecimento de produtos convencionais devido a eventos climáticos extremos, como as trombas d'água e chuvas de granizo.

No período de inverno, ao contrário, a demanda diminui e a produção da maioria das olerícolas é mais estável, isto dificulta a comercialização de certas olerícolas; ainda, a ocorrência de geadas pode prejudicar a safra.

Não obstante as variações de demanda e oferta, os preços dos produtos orgânicos são relativamente estáveis, ao longo do ano. Isto permite ao agricultor experiente planejar a produção e obter renda agrícola satisfatória.

Economicamente, a produção e a demanda encontram-se equilibradas, o que mantém os preços no mercado mais justo e garantem maior estabilidade para os produtores orgânicos; principalmente em relação aos produtores convencionais, estes últimos sujeitos às oscilações bruscas do mercado.

Neste contexto, a tendência da AO é crescer à medida que o mercado expande; oportunizando preços estáveis e cada vez mais justos para os produtores familiares, alimentos saudáveis para a população urbana e, em conseqüência, melhores condições de vida.

A organização da cadeia de produtos orgânicos deve considerar, primeiramente, que a olericultura orgânica é uma atividade exercida por agricultores familiares amplamente distribuídos no território. Em segundo lugar, que as produções são diversificadas, em pequena escala e de baixo valor agregado. Isto exige uma complexa logística de produção, processamento, comercialização, transporte e distribuição para a viabilização econômica dos sistemas de produção sob manejo orgânico.

Historicamente, o processo de gestão da produção orgânica tem apresentado avanços e retrocessos na busca de soluções coletivas, envolvendo consumidores e produtores, que visam à estruturação de arranjos produtivos que permitam o fluxo regular de alimentos de qualidade das zonas rurais para os centros urbanos, principalmente para a cidade do Rio de Janeiro.

Em 1979, a partir do manifesto “**Comida sem veneno**”, carta publicada em 12 de janeiro, no Jornal do Brasil, as pessoas indignadas com a contaminação dos alimentos que consumiam reuniram-se, no Parque Lage, para tentarem solucionar esse problema. Assim, inicia-se o movimento orgânico com a organização de agricultores familiares estimulados por iniciativas dos consumidores.

Em 1980, surge o primeiro ponto de venda de produtos orgânicos, na feirinha de Copacabana, rua Pompeu Loureiro.

Em 1981, a Cooperativa de Consumidores da Associação Harmonia Ambiental – Coonatura – inicia a estruturação do seu primeiro núcleo de produção de alimentos ecológicos, na localidade do Brejal, distrito de Posse, no município de Petrópolis.

Em 1984, durante o II Encontro Brasileiro de Agricultura Alternativa, foi elaborada a Carta de Petrópolis, documento que sintetizou o pensamento do movimento da agricultura orgânica para o desenvolvimento sustentável em todo o país, com a participação de mais de 1800 pessoas, entre produtores, técnicos, estudantes e autoridades públicas.

Em 1985, outro grupo de produtores reunidos na cidade de Nova Friburgo fundou a Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro – ABIO, que organizaram a primeira feira, na Praça Getúlio Vargas, com apoio da prefeitura local. A ampliação deste trabalho de mais de 20 produtores de Nova Friburgo e municípios vizinhos (Bom Jardim, Sumidouro, entre outros), levou a viabilização de uma central de comercialização da produção em um box, na Cobal do Humaitá<sup>6</sup>, no bairro de Botafogo, na cidade do Rio de Janeiro.

Em 1986, em função do crescimento da demanda de alimentos orgânicos, a Coonatura amplia o núcleo do Brejal arrendando terras, na localidade conhecida como "Albertos", passando a estimular meeiros, como os trabalhadores da fazenda Pedras Altas, a converterem os sistemas convencionais para o manejo orgânico.

Nesta época, foram organizadas 15 famílias de produtores, não mais como meeiros, como funcionou durante algum tempo, mas como co-arrendadores, em sistema associativo. O sistema associativo da Coonatura para conversão dos agroecossistemas baseava-se no fornecimento de esterco, sementes, pagamento de diárias, horas-extras e comissão por produção para os produtores orgânicos.

Inicialmente, a produção dos núcleos organizados era pequena, sendo transportada de ônibus comercial e, à medida que a produção cresceu, os produtos foram transportados de caminhonete, depois de caminhão, para a comercialização na cidade do Rio de Janeiro.

Em 1992, ocorreu a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD ou Rio-92); e, simultaneamente, aconteceu o evento paralelo – a Conferência da Sociedade Civil Global sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – que reuniu representantes de organizações não-governamentais (ONGs) ligados a diferentes movimentos sociais; ambos os eventos são conhecidos como Eco-92. A Eco-92 foi um importante marco para a articulação do movimento orgânico e consagração do conceito de desenvolvimento sustentável.

Em 1993, a Coonatura contava com 2800 consumidores associados, organizados em diversos núcleos de consumo (Copacabana, Botafogo e Barra da Tijuca). E, os agricultores dos núcleos de produção, em expansão, eram assessorados por um corpo próprio de assistência técnica e extensão rural, que acompanhava a transição dos sistemas de produção convencionais para o manejo orgânico. Para a centralização do estoque no atacado e fornecimento do serviço de entrega domiciliar, a Coonatura alugava um galpão industrial, no bairro industrial de São Cristóvão, na cidade do Rio de Janeiro.

Em 1994, a Coonatura passou a arrendar outro box, o que era da ABIO, para comercialização na Cobal, do Humaitá, em Botafogo.

Neste mesmo ano, em 16 de outubro (Dia Mundial da Alimentação), por iniciativa conjunta da Coonatura e ABIO, foi criada a Feira Ecológica da Glória, cujo primeiro nome era Feira Cultural e Ecológica, na Praça do Russel.

A estratégia de ampliação da estrutura de comercialização da Coonatura, com aluguel de galpões e mudanças dos pontos de venda, concomitantemente, as heranças das crises econômicas, como as provocadas pelo Plano Collor, mostrou-se economicamente inviável.

---

<sup>6</sup> Cobal – Companhia Brasileira de Alimentos – criada pelo presidente João Goulart em 1962 e extinta pelo presidente Fernando Collor em 1990, que a fundiu na Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).

De fato, a Conatura veio a se dissolver, com uma dívida de R\$ 100.000,00 (COONATURA, 2008).

Isto acarretou a desestruturação dos núcleos de produção, com sérios prejuízos financeiros para os produtores, principalmente para os agricultores do distrito de Posse, em Petrópolis.

Em 1999, foi criada a Associação de Produtores Orgânicos do Vale do Rio Preto, fruto da articulação de agricultores vinculados a ABIO em São José do Vale do Rio Preto, prefeitura do município de José do Vale do Rio Preto (SJVRP) em convênio com a EMATER local e a Coopervale (Cooperativa dos Produtores Hortifrutigranjeiros de São José do Vale do Rio Preto).

Em 2000, um acordo estratégico entre a Associação de Produtores Orgânicos do Vale do Rio Preto e outros produtores certificados da ABIO, principalmente do núcleo do Brejal (no distrito de Posse, em Petrópolis), possibilitou o início da comercialização de produtos sob a marca comercial *Horta Orgânica*.

Em 2006, a Horta Orgânica comercializava produtos de 60 famílias, principalmente para supermercados, na cidade do Rio de Janeiro.

Desta forma, a organização do sistema de produção e comercialização de olerícolas orgânicas evoluiu de apenas um ponto de venda (1980), passando para uma estrutura com diversos pontos de comercialização (1993), feiras especializadas (1994) e atendimento da demanda por meio da comercialização em supermercados (2000).

Não obstante a comercialização de produtos orgânicos por meio de entregas de cestas em domicílios, feiras especializadas, o atendimento do grande público através das redes de supermercado coloca-se como um novo desafio para a organização da cadeia orgânica.

A sociedade urbana criou novas necessidades e hábitos de consumo, como o de adquirir produtos em supermercados que atendam praticamente todas as suas necessidades, inclusive de olerícolas orgânicas. O supermercado passou a ser um elemento da vida urbana para a racionalização do tempo.

Embora a rede de comercialização seja dominada por oligopólios, a organização de arranjos produtivos para o atendimento de supermercados tem potencial para o desenvolvimento da olericultura orgânica, possibilitando o crescimento do número de famílias de produtores orgânicos certificados.

Os produtos orgânicos para concorrem com os produtos convencionais nas gôndolas dos supermercados, a lógica do controle da qualidade deve permear toda a cadeia produtiva, do produtor até o consumidor final. O compromisso profissional com a produção de qualidade é fundamental para se conquistar consumidores fiéis à marca orgânica; pois, o produto orgânico de qualidade não deixa de ser comprado no mercado.

Neste sentido, o fortalecimento do associativismo e a profissionalização dos agentes de desenvolvimento (produtores, prestadores de serviços, empresas de comercialização, comerciantes) devem engendrar novos arranjos produtivos, aumentar a produção de qualidade para melhor atendimento da demanda crescente, por meio de feiras especializadas, supermercados e outros espaços de comercialização (mercado institucional). O associativismo deve permitir aos produtores, principalmente, a enfrentar os novos desafios do mercado, evitar atravessadores oportunistas e romper as relações de exploração do trabalho familiar (terra, crédito, educação), para melhorar a condição de vida.

Historicamente, o movimento orgânico, particularmente a olericultura, tem enfrentado desafios, experimentado momentos de avanços e retrocessos, aprendendo e ensinando lições, entre os quais se destacam:

- Instituições gerenciadas por pessoas altamente idealistas e extremamente dedicadas precisam contar com conhecimentos profissionais de assessoria financeiro-administrativa, comercialização (marketing), extensão rural e outras áreas técnicas;
- A capacitação continuada (formal e informal) é fundamental, para os produtores, gerentes, técnicos, pesquisadores, gestores públicos e outros agentes de desenvolvimento;
- Arranjos institucionais complexos precisam ser desenvolvidos para o atendimento da demanda crescente em todos os espaços de comercialização;
- O associativismo precisa ser amplamente entendido e praticado por produtores, consumidores e outros agentes da sociedade.

## **5 CONCLUSÕES**

A história da olericultura orgânica fluminense tem suas raízes no associativismo entre produtores e consumidores.

O desenvolvimento da cadeia produtiva de olerícolas orgânicas no estado do Rio de Janeiro depende do fortalecimento das associações e estruturação de novos arranjos produtivos de caráter solidário.

A olericultura orgânica é uma atividade que tem possibilitado a melhoria da qualidade de vida dos agricultores familiares, na Região Serrana Fluminense.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIO - Associação de Agricultores Biológicos do estado do Rio de Janeiro. Informações na página: <http://www.abio.org.br>, acesso em dezembro de 2008.
- ASSIS, R. L. de. Agroecologia no Brasil. Campinas: UNICAMP, 2002. 150p. (Tese).
- BRASIL. Lei N<sup>o</sup>. 10.831, de dezembro de 2003.
- COONATURA - Cooperativa Harmonia Ambiental Informações na página: [http://www.geocities.com/RainForest/5894/coonaturap2\\_1.html](http://www.geocities.com/RainForest/5894/coonaturap2_1.html), acesso em dezembro de 2008.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (Brasília, DF). II Plano Diretor da Embrapa Hortaliças. Brasília: 2000, 44 p.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Union. Organic Agriculture and Food Availability. In: International Conference on Organic Agricultures and Food Security. Roma (Italy): FAO, 2007. 30p. (disponível em < [www.fao.org/organicag](http://www.fao.org/organicag) >, acesso em janeiro de 2008).
- FLORES, J. C. de O. Avaliação das variáveis tecnológicas, ambientais e sociais nas unidades de produção dos agricultores orgânicos certificados pela ABIO, no Estado do Rio de Janeiro. Seropédica: UFRRJ, 2006. 145 p. (Tese).
- FONSECA, M. F. de A. A Institucionalização do Mercado de Orgânicos no Mundo e no Brasil: uma interpretação. Seropédica: UFRRJ, 2005. 476p. (Tese).
- GARCIA FILHO. Guia metodológico: diagnóstico de sistemas agrários. Brasília: INCRA-FAO, 1999. 58p.
- GUERRA, J. G.; NDIAYE, A.; ASSIS, R. L.; ESPINDOLA, J. A. Uso de plantas de cobertura na valorização de processos ecológicos em sistemas orgânicos de produção na região serrana fluminense. In: Agriculturas, experiências em agroecologia. v.4, n.1. Rio de Janeiro: ASPTA, 2007. p. 24 – 27.
- IFOAM – International Federation of Organic Agriculture Movements; FiBL - Research Institute of Organic Agriculture. The world of organic agriculture, statistics and emerging trends 2008. 267p. (<http://www.organicworld.net/2008>).
- INCRA - Instituto Nacional de Reforma Agrária. Novo retrato da agricultura familiar no Brasil - O Brasil redescoberto. Brasília: INCRA/FAO, 2000. 74p.
- KISS, J. A revolução dos orgânicos, o desafio de ser grande. Revista Globo Rural, n. 284, junho, 2009. p 34 - 42.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O desafio da agricultura familiar. [PORTUGAL, A. D]. Brasília: EMBRAPA, 2004. 1p. (Acesso: <http://www.agricultura.gov.br> . em 10.01.2009).
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Situação da produção orgânica. DIAS, R. P.(Coord.) Situação da produção orgânica. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006. 14p. (acesso <http://www.agricultura.gov.br> em dezembro, 2008).
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agricultura orgânica, dados estatísticos. (acesso <http://www.agricultura.gov.br> em dezembro, 2008).



## **CAPÍTULO II**

### **USO DO MÉTODO IDEA**

(Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles)

### **PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE UNIDADES DE PRODUÇÃO DE OLERÍCOLAS ORGÂNICAS**

## RESUMO

O conceito de desenvolvimento sustentável aplicado à agricultura significa que a evolução dos agroecossistemas deve levar em conta, simultaneamente, pelo menos três dimensões: econômica, ecológica e social, para análise das relações sociedade-natureza. Toda atividade produtiva deve ser economicamente viável, ecologicamente sã e socialmente equilibrada. Traduzir o conceito de desenvolvimento sustentável em sistemas de indicadores que forneçam informações quantitativas sobre a sustentabilidade dos agroecossistemas é uma tarefa relativamente complexa. Cada método desenvolvido apresenta vantagens e desvantagens, conforme os objetivos da pesquisa. O método IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles), desenvolvido pelo ministério da agricultura francês (*Générale de l'Enseignement et de la Recherche de Ministère de l'Agriculture*) em colaboração com instituições de pesquisa, extensão e ensino, postula a quantificação da sustentabilidade por meio de uma matriz de 41 indicadores, agrupados em 10 componentes, que compõem três dimensões: agro-ambiental (19 indicadores), sócio-territorial (16) e econômica (6). A combinação dos valores dos indicadores permite aferir sustentabilidade por dimensão, que pode variar de zero a 100 pontos. A estrutura do método define que a sustentabilidade do sistema de produção é limitada pela dimensão que apresentar o menor escore. O modelo conceitual envolve aspectos das ciências naturais, sociais e humanas, que mediante adaptação de alguns indicadores à realidade dos agroecossistemas locais, constitui-se num instrumento cientificamente válido que permite a mensuração quantitativa da sustentabilidade. A sustentabilidade de cinco sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico na Região Serrana Fluminense foi avaliada através da aplicação do método IDEA. A dimensão econômica apresentou-se limitante da sustentabilidade dos sistemas de produção estudados, cuja média foi de aproximadamente 60%, seguida pela dimensão sócio-territorial (80%) e agro-ambiental (90%). Embora a dimensão econômica seja limitante, o sistema de produção e comercialização de olerícolas orgânicas em cadeias curtas mostrou viabilidade econômica, relativa à renda agrícola monetária, correspondente à 2,69 salários mínimos por trabalhador, enquanto que para os sistemas de produção em cadeias longas não se explica a viabilidade econômica apenas pela renda agrícola monetária, que é complementada pelas rendas não-agrícolas e pelo auto-consumo. O método IDEA é uma ferramenta de diagnóstico da sustentabilidade de unidades de produção agrícola, de caráter didático-pedagógico e multidisciplinar, aplicável ao planejamento de sistemas de produção de olerícolas orgânicas de base familiar. Todavia, o número e os critérios de determinação dos indicadores devem ser adaptados às condições locais, principalmente para facilitar a apropriação por parte dos agricultores. A disseminação do método IDEA como instrumento para subsidiar a elaboração de políticas públicas direcionadas à melhoria da sustentabilidade de unidades de produção de olerícolas orgânicas de base familiar depende da validação em maior número de agroecossistemas.

**Palavras-chaves:** Sustentabilidade. Método IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles). Olericultura orgânica.

## ABSTRACT

The sustainable development concept applied in agriculture, signifies that the evolution of agroecosystems must take simultaneously into account at least three dimensions for society-nature analysis: economical, social, and ecological. All produced activity must be economically viable, ecologically sound, and with social equilibrium. It is a relatively complex task to translate the concept of sustainable development into indicator systems that provide quantitative information on sustainable agroecosystems. Each developed method presents advantages and disadvantages regarding research objectives. The IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) method, developed by the French Department of Agriculture, in collaboration with research institutions, teaching extensions, and postulate quantified sustainability by a matrix of 41 indicators, grouped into 10 components and composed of three dimensions: Agro-environmental (19 indicators), Socio-territorial (16 indicators), and economic (6 indicators). The combined value of indicators allows checking sustainability by dimension, which may vary between zero and 100 points. The structure method defines that the production system's sustainability is limited by the dimension presenting the lower score. A conceptual model includes aspects of human, social, and natural sciences that take into account the adapting of some indicators to reality in local agroecosystems; it is built into a valid scientific instrument that allows measuring the quantitative sustainability. The sustainability of five vegetable production systems under organic management in the Fluminense Highland Region was assessed using the method IDEA. The economic dimension showed limitations to sustainability in the studied production systems, with the average approximately at 60%, followed by the socio-territorial dimension at (80%), and the agro-environmental at (90%). Even with the economic dimension being limiting, the economic viability of the production system and commercialization without intermediaries (short-chain) showed monetary income corresponding to 2.69 minimum wages per employee (system 1); but, the production systems with more than one intermediary (long-chain) systems 2, 3, 4 and 5 are not justified in economic viability merely by monetary income, for it is complemented by non farming income and by self-consumption. The IDEA method is a diagnostic tool with characteristics of diversified knowledgeable fields, and real didactic-pedagogic qualities to assess sustainability with qualities applied in family based-planning for organic vegetable farming. Nevertheless, the indicator's numbers and criteria determination must be adapted to local conditions, primarily to facilitate the farmers' own methods. The IDEA's dissemination method as a tool, depends on the validation of a greater number of agroecosystems as an instrument to support public policy directed to improve sustainability of organic family farms.

**Key words:** Sustainability. IDEA method (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles). Organic horticulture.

# 1 INTRODUÇÃO

O imperativo da mudança de paradigma da agricultura convencional foi evidenciada na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (RIO-92), quando a maioria dos países membros reconheceu a necessidade de agregar o conceito de sustentabilidade ao padrão de produção agrícola, comprometendo-se com a Agenda 21.

O conceito de desenvolvimento sustentável aplicado à agricultura significa que a evolução dos agroecossistemas deve levar em conta, simultaneamente, pelo menos três dimensões: econômica, ecológica e social, para análise das relações sociedade-natureza.

Traduzir o conceito de desenvolvimento sustentável em um sistema de indicadores que forneçam informações quantitativas sobre a sustentabilidade dos agroecossistemas é uma tarefa relativamente complexa.

O desenvolvimento de programas de estudo de indicadores da sustentabilidade é bastante recente (Van Bellen, 2002). Marzall (1999) avaliou 72 programas com indicadores de sustentabilidade. A EMBRAPA desenvolveu o sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural (APOIA-NovoRural), com 62 indicadores, cinco dimensões (ecológica, social, cultural, econômica e gestão), que são agregados para compor o índice de impacto ambiental da atividade (Rodrigues & Campanhola, 2003). E, Jesus (2003), avaliou a sustentabilidade de 15 estabelecimentos rurais, no estado do Rio de Janeiro, utilizando o método francês denominado de IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles), descrito por Vilan (2000).

Estes autores concluíram que, embora os métodos sejam adequados, são necessários mais estudos de campo sobre sustentabilidade de agroecossistemas para que efetivamente os sistemas de indicadores sirvam de instrumento didático-pedagógico, planejamento e elaboração de políticas públicas.

Cada método apresenta vantagens e desvantagens; então, pode-se assumir que a seleção, adaptação e o desenvolvimento de certo sistema de indicadores dependem dos objetivos da pesquisa.

O método IDEA, desenvolvido pelo ministério da agricultura francês (*Générale de l'Enseignement et de la Recherche di Ministère de l'Agriculture*) em colaboração com instituições de pesquisa, extensão e ensino, postula a quantificação da sustentabilidade por meio de uma matriz de 41 indicadores, agrupados em 10 componentes, que compõem três dimensões: agro-ambiental (19 indicadores), sócio-territorial (16) e econômica (6). A dimensão que apresentar o menor valor aritmético (menor escore) torna-se a principal dimensão limitante da sustentabilidade do agroecossistema avaliado.

Segundo Vilain (2003), o método IDEA deve ser entendido como uma ferramenta operacional em desenvolvimento. Isto é, devido à natureza de certos agroecossistemas, a matriz de indicadores tem dificuldades de mensurar a sustentabilidade, como ocorre para avaliação dos sistemas de produção de hortaliças; pois, os indicadores não estão suficientemente desenvolvidos. Ademais, os indicadores devem ser adaptados às características e dinâmicas dos agroecossistemas locais.

A **hipótese** deste trabalho de pesquisa é que o método IDEA, cujo modelo conceitual envolve aspectos das ciências naturais, sociais e humanas, mediante adaptação de alguns indicadores à realidade dos agroecossistemas locais, é um instrumento cientificamente válido que permite a mensuração quantitativa da sustentabilidade de sistemas de produção, particularmente de unidades de produção de olerícolas sob manejo orgânico.

Neste sentido, **objetiva-se** avaliar a sustentabilidade de cinco sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico na Região Serrana Fluminense, por meio da aplicação do método IDEA.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O Método IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) foi adotado na França, desde a Lei de Orientação Agrícola, de 9 de Julho de 1999, que passou a exigir a avaliação da sustentabilidade das propriedades rurais, considerando que “*Toda atividade produtiva deve ser economicamente viável, ecologicamente sã e socialmente equilibrada*” (Vilain, 2000).

O conceito de sustentabilidade aplicado à agricultura, ao nível de unidade de produção, define um agroecossistema sustentável como aquele que tem: viabilidade, vivenciabilidade, transmissibilidade e reprodutibilidade (Vilain, 2000; 2003).

A **viabilidade** implica em eficiência econômica e securitização (*securing*) da exploração agrícola, em face das variações do mercado (riscos de mercado) e outras incertezas da atividade (riscos culturais). Geralmente, a sustentabilidade econômica é analisada através dos indicadores usuais de aferição dos resultados financeiros.

A **vivenciabilidade** (*livability*) diz respeito à atividade agrícola assegurar uma vida pessoal e profissional de qualidade, para o agricultor e a sua família, principalmente. Os indicadores de vivenciabilidade situam o agricultor em relação à renda agrícola, intensidade do trabalho e outras referências sociais, como aspectos relativos à experiência do agricultor e sua participação na vida comunitária, responsabilidades em associações e abertura para o relacionamento com outros atores (não agricultores) da sociedade.

A **transmissibilidade** engloba, senso amplo, aspectos relativos ao capital da unidade de produção, avaliada através de indicadores monetários e, também, indicadores relativos à qualidade dos recursos naturais utilizados, como o solo (fertilidade) e a água (irrigação), dependência energética, entre outros fatores que afetam a sustentabilidade.

A **reprodutibilidade** (ou reprodutibilidade ambiental) da unidade de produção é avaliada por indicadores que provêm informações sobre os impactos ambientais das explorações agrícolas, tais como: riscos da exploração agrícola sobre os recursos edáficos e hídricos.

A noção de sustentabilidade requer a construção de indicadores que visam a expressar os objetivos de conservação dos recursos naturais (biodiversidade, solo, água, ar, jazidas minerais, paisagem) e dos valores sociais implícitos (ética, cidadania, qualidade dos produtos) em todas as atividades agrícolas.

A estrutura do método IDEA permite uma análise sistêmica da sustentabilidade, em três dimensões: agro-ambiental, sócio-territorial e econômica.

A dimensão **agroambiental** (A) é analisada por 19 indicadores referentes aos objetivos de eficiência agrônômica com menor custo ecológico.

A dimensão **sócio-territorial** (B) é analisada por 16 indicadores referentes à ética e ao desenvolvimento humano.

A dimensão **econômica** (C) é analisada por seis (6) indicadores relativos à avaliação da função social e empreendedora da unidade de produção.

A matriz de 41 indicadores relaciona-os com 16 objetivos específicos. Verifica-se que a coerência é o objetivo específico avaliado pela maioria dos indicadores (Tabela 1).

Os 16 objetivos específicos, mensurados pela matriz de 41 indicadores, são apresentados brevemente a seguir, conforme descrito por Vilain (2000; 2003).

**Tabela 1** – Matriz de objetivos e indicadores relacionados por dimensão da sustentabilidade

	Objetivo	Código	Número de indicadores relacionados com os objetivos, por dimensão da sustentabilidade		
			Agro-ambiental	Sócio-territorial	Econômica
1	Coerência	COH	15	7	6
2	Qualidade de vida	QLV	6	9	3
3	Gestão e proteção da biodiversidade	BIO	12		
4	Proteção dos solos	SOL	11		
5	Desenvolvimento local	DVL	1	8	2
6	Gestão e proteção da água	H <sub>2</sub> O	9		1
7	Gestão e proteção da paisagem	PAY	8	2	
8	Gestão dos recursos naturais não renováveis	RNR	6	2	1
9	Cidadania	CIT	1	7	
10	Ética	ETH	2	5	
11	Desenvolvimento humano	DVH		7	
12	Qualidade dos produtos	QLP	5	1	
13	Adaptabilidade	ADA			5
14	Empregos	EMP		3	1
15	Bem-estar animal	BIE	3	1	
16	Proteção do ar	AIR	4		

Fonte: Adaptado de Vilain, 2003.

**Coerência**<sup>7</sup> (COH): A coerência da exploração agrícola está ligada tanto à função de produção de alimentos e outras matérias-primas de qualidade, quanto à gestão do ambiente, considerando que os agroecossistemas sustentáveis são dotados de práticas agrícolas e sociais desejadas. A coerência deve ser entendida de forma ampla, concernente às práticas agronômicas, empresariais, cidadania e protagonismo social do agricultor. Pode-se distinguir a coerência técnica e a cidadã. Por exemplo, os sistemas de produção convencionais e intensivos têm coerência técnica, pois visam o rendimento máximo, no curto prazo; mas, em geral, degradam os recursos naturais. Neste caso, os sistemas não apresentam coerência cidadã. Na verdade, um agroecossistema é sustentável quando possui coerência técnica e cidadã. Coerência técnica-cidadã ou simplesmente coerência diz respeito aqueles itinerários técnicos que permitem combinar rentabilidade, qualidade da produção e proteção do meio ambiente.

**Qualidade de vida** (QLV): A qualidade de vida é resultado de interações das esferas privada e social. A melhoria da qualidade de vida individual e coletiva é o objetivo central do desenvolvimento sustentável.

**Gestão e proteção da biodiversidade** (BIO): A agrobiodiversidade (espécies, raças, variedades) e a diversidade silvestre são componentes da biodiversidade, cuja conservação é essencial para a segurança alimentar da humanidade, em longo prazo.

**Proteção dos solos** (SOL): A erosão pode causar perdas irremediáveis de solos (na escala da vida humana). Os sistemas de produção sustentáveis mantêm a qualidade e a fertilidade, principalmente o conteúdo de matéria orgânica do solo.

**Desenvolvimento local** (DVL): A agricultura tornou-se atividade de uma porção minoritária da população. Não obstante, os agricultores que mantêm a qualidade da produção, geram riquezas e favorecem o dinamismo do meio rural e urbano. Em outras palavras, a agricultura sustentável interage com outros setores sociais contribuindo para o desenvolvimento local.

<sup>7</sup> *Cohérence* em francês, *consistency* em inglês.

**Gestão e proteção da água (H<sub>2</sub>O):** A água de qualidade é um recurso natural escasso. O uso racional da água na agricultura permite a produção sem contaminar ou poluir os recursos hídricos. A agricultura sustentável é uma atividade produtora de água de qualidade.

**Proteção e gestão da paisagem (PAV):** Agroecossistemas sustentáveis protegem a paisagem, conservam o capital ecológico, cultural e econômico.

**Gestão econômica dos recursos naturais não renováveis (RNR):** A gestão precavida dos recursos naturais não renováveis (petróleo e outros minerais) favorece a conservação do capital natural para a atual e futuras gerações.

**Cidadania (CIT):** A cidadania (ecocidadania) repousa sobre a concepção do uso da terra como provedora e protetora de todas as formas de vida. Ademais, a cidadania implica em relações solidárias e coletivas da vida em sociedade.

**Ética (ETH):** A ética designa um conjunto de princípios e comportamentos morais, que caracterizam a vida agrícola em certo nível de civilização.

**Desenvolvimento humano (DVH):** A atividade agrícola sustentável possibilita a realização pessoal e a integração profissional do agricultor na sociedade.

**Qualidade dos produtos (QLP):** A produção agronomicamente correta é baseada na oferta de alimentos saudáveis e proteção do meio ambiente. A produção de alimentos de qualidade é fundamental para o diálogo entre agricultores e consumidores.

**Adaptabilidade (ADA):** Os sistemas de produção evoluem constantemente. Os agroecossistemas sustentáveis adaptam, criteriosamente, as inovações tecnológicas de acordo com as suas condições ambiental, social e econômica. A adaptabilidade ou flexibilidade é uma característica dos agroecossistemas sustentáveis.

**Emprego (EMP):** A geração de trabalho de qualidade é uma condição - *sine qua non* - para a vida humana em sociedade. Agroecossistemas sustentáveis garantem empregos de qualidade.

**Bem-estar animal (BEA):** A criação de animais tem aspectos zootécnicos e éticos que caracterizam os sistemas de criação sustentáveis.

**Proteção do ar atmosférico (PAR):** As explorações agrícolas podem contribuir para o aumento das emissões de gases de efeito estufa, por causa do consumo de combustíveis fósseis, pesticidas, fertilizantes solúveis (principalmente amoniacais), grandes concentrações de animais, queimadas, entre outros fatores que têm impactos negativos para a mudança climática global.

A quantificação da sustentabilidade dos agroecossistemas avalia, portanto, o grau de alcance destes 16 objetivos específicos, através de uma matriz com 41 indicadores.

A estrutura do método IDEA agrupa os indicadores em 10 componentes e estes em dimensões. O valor atribuído para cada indicador determina o seu peso no escore do componente ao qual ele é relativo. Cada indicador tem um valor máximo positivo e um valor mínimo igual a zero<sup>8</sup>. A soma dos valores dos indicadores perfaz a quantidade de pontos do componente ao qual pertence. O valor máximo de um componente varia de 20 até 34 pontos, conforme a dimensão. E, finalmente, os 10 componentes são agrupados em três dimensões: agroambiental, sócio-territorial e econômica. O valor da sustentabilidade de cada dimensão pode variar de zero (0) até 100 pontos (Tabela 2).

Os sistemas de produção por estarem sujeitos a diversos contextos social, ambiental e técnico possibilitam uma gama de resultados numéricos para o valor da sustentabilidade dos agroecossistemas. A combinação de valores dos indicadores permite, portanto, que dois agroecossistemas de um mesmo tipo de sistema de produção apresentem graus de

---

<sup>8</sup> Cada indicador tem um valor máximo positivo que varia de 3 até 25; e, o valor mínimo igual a zero; sendo que, em situações críticas, o escore de certos indicadores pode ser negativo.

sustentabilidade diferentes; ou, ao contrário, distintos tipos de sistemas de produção podem ser igualmente sustentáveis.

**Tabela 2** - Dimensões, componentes e indicadores de sustentabilidade.

Dimensões	Componentes	Código	Indicador	Valores Máximos	
Agro-ambiental	Diversidade	A1	Diversidade de culturas anuais	13	33
		A2	Diversidade de culturas perenes	13	
		A3	Diversidade vegetal associada	5	
		A4	Diversidade animal	13	
		A5	Valorização e conservação da agrobiodiversidade	6	
	Organização do espaço	A6	Rotação das culturas	10	33
		A7	Tamanho das parcelas	6	
		A8	Gestão de materiais orgânicos	6	
		A9	Zonas de regulamentação ecológica	12	
		A10	Patrimônio natural	4	
		A11	Capacidade de carga animal	5	
		A12	Gestão das superfícies forrageiras	3	
	Práticas Agrícolas	A13	Fertilização	10	34
		A14	Tratamento de efluentes	10	
		A15	Pesticidas e produtos veterinários	10	
		A16	Bem-estar animal	3	
		A17	Proteção dos solos	5	
		A18	Gestão dos recursos hídricos	4	
		A19	Dependência energética	8	
<b>Total da dimensão agro-ambiental</b>				<b>100</b>	
Sócio-territorial	Qualidade dos produtos e do território	B1	Qualidade dos produtos	12	33
		B2	Valorização do patrimônio construído e da paisagem	7	
		B3	Tratamento de resíduos não-orgânicos	6	
		B4	Acessibilidade	4	
		B5	Participação social	9	
	Empregos e serviços	B6	Valorização de cadeias curtas de comercialização	5	33
		B7	Serviços e pluriatividade	5	
		B8	Geração de empregos	11	
		B9	Trabalho coletivo	9	
		B10	Perenidade presumida	3	
	Ética e desenvolvimento humano	B11	Contribuição ao equilíbrio alimentar	10	34
		B12	Formação e capacitação	7	
		B13	Intensidade do trabalho	7	
		B14	Qualidade de vida	6	
		B15	Isolamento	3	
		B16	Acolhida, higiene e segurança.	6	
<b>Total da dimensão sócio-territorial</b>				<b>100</b>	
Econômica	Viabilidade	C1	Viabilidade econômica	20	30
		C2	Taxa de especialização	10	
	Independência	C3	Autonomia financeira	15	25
		C4	Sensibilidade às ajudas diretas	10	
	Transmissibilidade	C5	Transmissibilidade	20	20
	Eficiência	C6	Eficiência	25	25
<b>Total da dimensão econômica</b>				<b>100</b>	

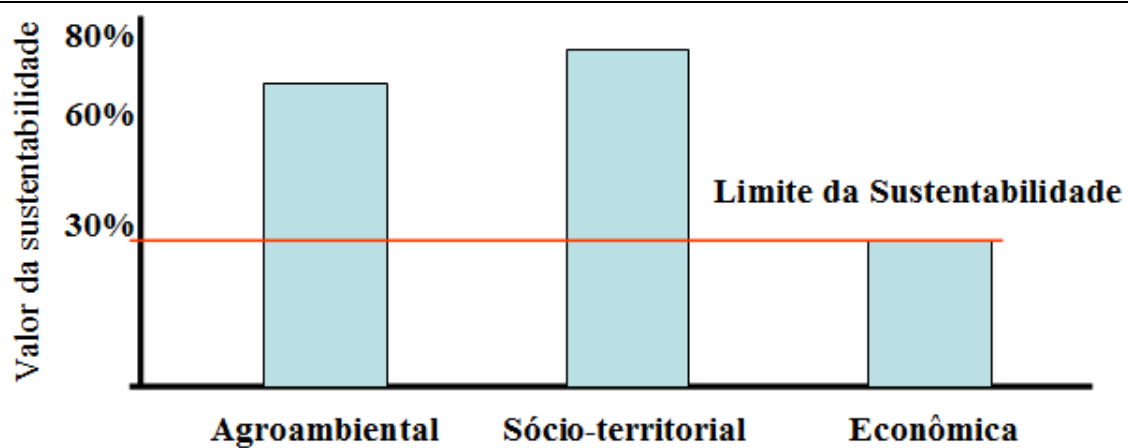
Fonte: Adaptado de Vilain (2003), Zahn et al. (2006).

O método IDEA define que a sustentabilidade do sistema de produção é limitada pela dimensão que apresentar o menor escore; aplica-se a regra dos fatores limitantes para determinação do valor numérico da sustentabilidade dos agroecossistemas (Figura 1).

O presente trabalho de pesquisa aplica o método IDEA em cinco explorações agrícolas sob manejo orgânico, utilizando os 41 indicadores das três dimensões (agro-ambiental, sócio-territorial e econômica); e, quando necessário, adaptando os critérios de determinação dos valores dos indicadores às condições locais, no intuito de melhor expressar a realidade dos



sistemas de produção de olericulturas orgânicas em unidades familiares na Região Serrana Fluminense.



**Figura 1-** Histograma hipotético da dimensão limitante da sustentabilidade.

Fonte: Adaptado de Zahm *et. al.* 2006

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O método IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*), descrito por Vilain (2003), foi aplicado em cinco unidades de produção.

Entretanto, algumas adaptações no método IDEA (Vilain, 2000), propostas por Jesus (2003) e outras, se fizeram necessárias para aplicação no presente trabalho, para a análise da sustentabilidade de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro.

Os esclarecimentos referentes às adaptações do método IDEA efetuadas para a realização deste trabalho são apresentados em resultados e discussão.

As cinco unidades estudadas foram selecionadas do cadastro da Associação dos Produtores Orgânicos do Vale do Rio Preto (Horta Orgânica), sendo todos sistemas de produção certificados pela Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO).

Entre as cinco unidades estudadas, três são sistemas de produção de olerícolas diversificadas (hortaliças fruto, folhas e tubérculos) que estão localizados no município de Petrópolis; e, as outras duas unidades são sistemas de produção de olerícolas especializados (hortaliças-frutos, principalmente chuchu - *Schium edule*), que estão situados no município de São José do Vale do Rio Preto – SJVRP (Tabela 3).

**Tabela 3** – Tipologia das cinco unidades de produção

Unidade	Município	Tipologia
1	Petrópolis	Estabelecimento familiar-empresarial, produção e comercialização de olerícolas diversificadas, com contratação de mão-de-obra permanente.
2	Petrópolis	Estabelecimento familiar, produção diversificada, com contratação sazonal de mão-de-obra.
3	Petrópolis	Estabelecimento familiar, produção diversificada, com contratação de mão-de-obra permanente.
4	SJVRP	Propriedade familiar, produção especializada, sem contratação de mão-de-obra.
5	SJVRP	Propriedade familiar, produção especializada, sem contratação de mão-de-obra.

As cinco unidades selecionadas diferenciam-se, entre si, primeiramente, por situarem-se nos municípios de Petrópolis (3 unidades) e São José do Vale do Rio Preto (2 unidades). Em segundo lugar, por serem sistemas de produção de olerícolas diversificados (3) e especializados (2). Em terceiro lugar, diferem-se quanto ao domínio da terra: nos três sistemas diversificados (localizados em Petrópolis), os agricultores não detêm o título de propriedade da terra; enquanto, os agricultores dos outros dois sistemas especializados são proprietários da terra (localizados em São José do Vale do Rio Preto). Em quarto lugar, os sistemas contratam (ou não contratam) diferentes quantidades de mão-de-obra. Em quinto lugar, porém não menos importante, destaca-se que apenas um dos sistemas estudados tem caráter familiar-empresarial, onde se pratica a produção e comercialização de olerícolas em cadeia curta, enquanto os outros quatro são sistemas de produção, cuja a comercialização é feita por intermediários, em arranjos de cadeia longa.

Ressalva-se, ainda, que os dois sistemas de produção chamados de especializados referem-se, principalmente, ao grau de especialização econômica, onde o cultivo comercial de hortaliças-fruto, particularmente o chuchu (*Schium edule*), representa claramente o maior percentual da produção que é comercializada (renda agrícola monetária), embora os sistemas especializados apresentem certo grau (econômico) de diversidade vegetal e animal.

O levantamento de informações sobre os agroecossistemas foi realizado através de entrevistas, medições diretas no campo e monitoramento dos dados das cinco unidades de produção no período de janeiro a dezembro de 2008.

Os critérios dos indicadores de avaliação da sustentabilidade são apresentados, resumidamente, por dimensão: agroambiental (Tabela 4); sócio-territorial (Tabela 5); e, econômica (Tabela 6).

**Tabela 4** - Critérios de avaliação da sustentabilidade agroambiental

Indicador	Modalidade de determinação			Valor máximo
	Critérios	Pontos	Observações	
A1	• Número de tipos	2	- Por tipo cultivado	13
	• Número de tipos > 6)	2	- Se tem mais de 6 tipos	
	• Leguminosas: se > 10% da SAU	3	- SAU = Superfície Agrícola Útil	
A2	• Pastagens e capineiras: se < 5% da SAU	0		13
	se entre 5 e 15% SAU	2		
	se entre 15 e 25% SAU	4		
	se > 25% da SAU	6		
	• Pomar: por espécie cultivada	2	- Se os frutos são comercializados	
	• Sistema Agroflorestal	3		
A3	• Cercas vivas, quebra-ventos	1	- Fileiras com 5 espécies lenhosas	5
A4	• Número de espécies criadas	5	- Por espécie comercial	13
	• Raças suplementares (RS)	1	- RS = (Nº raças – Nº espécies)	
A5	• Por tipo regional ou local	3		6
	• Por tipo raro ou ameaçado	2		
A6	• Grupo vegetal:			10
	- Nenhum grupo com percentual > 20	8		
	- Nenhum com percentual > 25	7		
	- Nenhum com percentual > 30	6		
	- Nenhum com percentual > 35	5		
	- Nenhum com percentual > 40	4		
	- Nenhum com percentual > 45	3		
	- Nenhum com percentual > 50	2		
	- Grupo com percentual > 50	0		
	• Família botânica:			
	- Nenhuma família com percentual > 20	8		
	- Nenhuma família com percentual > 40	4		
	- Nenhuma família com percentual > 60	2		
	- Se uma família tem percentual > 60	0		
	• Cultivos intercalares:		- Se a horta é desenhada como um mosaico de canteiros	
	- Se < 10% da SAU	0		
	- Se entre 10 e 20% da SAU	1		
- Se entre 20 e 30% da SAU	2			
- Se entre 30 e 40% da SAU	3			
- Se > 40 % da SAU	4			
• Consórcio de olerícolas		- Uso de olerícolas consorciadas		
- Se > 10 % dos canteiros	0			
- Se entre 10 e 20% dos canteiros	1			
- Se > 20% dos canteiros	2			
A7	• Nenhuma parcela > 3 hectares	6		6
	• Dimensão média < 4 hectares	2		
A8	• Aplicação de material orgânico:		- Esterco, composto, cobertura viva ou morta	6
	- Se aplicado < 10% da SAU	0		
	- Se aplicado entre 10 e 20% da SAU	2		
	- Se aplicado > 20% da SAU	4		
	• Composto de recursos renováveis	2	- Excluído turfas, vermiculitas.	
• Composto feito no estabelecimento	3			

**Tabela 4 - Continuação**

Indicador	Modalidade de determinação			Valor máximo
	Critérios	Pontos	Observações	
A9	• Superfície de regulação ecológica:		- Conformidade com as normas	12
	- Por percentual da SRE relativa à SAU	1	- Limite de 7 pontos	
	• Fontes de água preservadas	3	} - Limite de 6 pontos	
	• Declividades > 45% preservadas	3		
• Dispositivos de controle de erosão	3			
A10	• Compromisso com a proteção:			4
	- Respeita em 10% da SAU	0		
	- Respeita entre 10 e 50% da SAU	2		
	- Respeita em > 50% da SAU	4		
A11	Carga animal ótima	5	Adaptada ao contexto local	5
A12	• SF > 30% da SAU	2	Superfície forrageira (SF)	3
	• Rotação capineira + pastagem	1		
	• Materiais para silagem			
	- Se silagem < 20% da SF	1		
	- Se silagem 20 e 40 da SF	0		
	- Se silagem > 40 da SF	-1		
A13	• Balanço de Nitrogênio < 20 kg.ha <sup>-1</sup>	10		10
	• Plantas fixadoras > 10% da SAU	3		
	• Fertilização monitorada	2		
A14	• Produção sem efluentes líquidos	5		10
	• Tratamento individual adequado	3		
	• Compostagem	2		
	• Incorporação no solo licenciada	2		
A15	• Pressão poluente < 1 % da SAU	10	- Uso de agrotóxicos	10
	• Tratamento Veterinário < 1	3	- Observado o tratamento normal	
	• Nenhum alimento com antibiótico	2	- Rações sem drogas	
A16	• Pastagem em conformidade	1	- sobreamento, bebedouros.	3
	• Criação semi-intensiva	2		
A17	• Cultivo mínimo, plantio direto:			5
	- Se entre 30 a 50% da SAU	1		
	- Se entre 50 e 80% da SAU	2		
	- Se > 80% da SAU	3		
	• Cobertura viva ou morta	3		
	• Queimadas	-3		
A18	• Irrigação localizada:			4
	Se > 50% da superfície irrigada (SI)	4		
	Se entre 25 e 50% da SI	2		
	Se < 25% da SI	0		
A19	• Equivalente combustível fóssil:			8
	ECF < 200 L.ha <sup>-1</sup>	8		
	ECF entre 200 e 300 L.ha <sup>-1</sup>	5		
	ECF entre 300 e 400 L.ha <sup>-1</sup>	3		
	ECF entre 400 e 500 L.ha <sup>-1</sup>	1		
	ECF > 500 L.ha <sup>-1</sup>	0		
	ECF > 1000 L.ha <sup>-1</sup>	-1		
	• Uso de dispositivos solares	1		
	• Uso de energia eólica, biogás, lenha	1		

**Tabela 5 - Critérios de avaliação da sustentabilidade sócio-territorial**

Indicador	Modalidade de determinação			Valor máximo
	Critérios	Pontos	Observações	
B1	• Política de qualidade do produto			12
	- Agricultura biológica	4		
	- Sistema de produção certificado	4		
	• Rastreabilidade		Do produtor ao consumidor a cadeia é livre de OGM	
- Rastreabilidade total	4			
- Rastreabilidade parcial	2			
B2	• Conservação das construções antigas	-1 a 2		7
	• Qualidade da arquitetura recente	-1 a 2		
	• Qualidade das estruturas paisagísticas	-1 a 2		
	• Qualidade do ambiente do entorno	-1 a 2		
	• Ordenação paisagística dos cultivos	0 a 2		
B3	• Reuso e valorização na propriedade	2		6
	• Triagem e coleta seletiva	2		
	• Queima na propriedade	-3		
B4	• Dispositivos de abertura e fechamento	2		4
	• Manutenção das estradas e caminhos	2		
	• Circulação do público facilitada	2		
B5	• Participação em associações	2	Por associação, limite = 6 pontos	9
	• Responsabilidade em associações	2		
	• Moradia no estabelecimento	3	- Ou moradia próxima.	
	• Abertura à venda direta	2		
B6	• Cadeia curta: por cada 5% da renda	1	No máximo um intermediário	5
B7	• Fazenda Pedagógica	2		5
	• Agroturismo	2		
	• Experimentação agrícola	2		
	• Outras atividades não agrícolas	2	Qualquer membro da família	
B8	• Número de empregos permanentes:			11
	Se < 1 emprego por hectare	0		
	Se entre 1 e 6 empregos por hectare	1 a 9		
B9	• Uso de serviços comunitários	3		9
	• Participação em trabalho comunitário	3		
	• Participação em instituição de classe	2		
	• Trabalho em rede	5		
B10	• Reprodução quase certa daqui 10 anos	3		3
	• Reprodução provável	2		
	• Reprodução desejada (se possível)	1		
	• Desaparecimento daqui a 10 anos	0		
B11	• Taxa de importação de superfície:		[TIS = SAI / SAU]	10
	Se a taxa de importação < 10%	10	TIS: Taxa de importação de superfície.	
	Se a taxa de importação entre 10 e 20%	8		
	Se a taxa de importação entre 20 e 30%	6	SAI: Superfície agrícola importada (SAI):	
	Se a taxa de importação entre 30 e 40%	4		
	Se a taxa de importação entre 40 e 50%	2	SAU: Superfície agrícola utilizada.	
B12	• Número de dias de formação	1	Por cada cinco dias; limite de 5 pontos	7
	• Acolhida de estagiários (> 10 dias)	2		
	• Acolhida de grupos de visitantes	1		
B13	• N° de semanas sobrecarregadas	-1	Por cada semana sobrecarregada	7
B14	• Qualidade de vida	0 a 6	Auto-estimativa	6

**Tabela 5 - Continuação**

Indicador	Modalidade de determinação	Valor máximo
B15	• Isolamento geográfico, social e cultural	3
B16	• Qualidade da acolhida da mão-de-obra	0 a 2
	• Segurança das instalações em geral	0 a 2
	• Instalações produtivas adequadas	0 a 1
	• Local de estocagem de agrotóxicos	0 a 1

**Tabela 6 - Critérios de avaliação da sustentabilidade econômica**

Indicador	Modalidade de determinação			Valor máximo
	Critérios	Pontos	Observações	
C1	• Renda agrícola monetária:		- Renda anual por trabalhador familiar	
	Se < 1 salário mínimo anual (SMA)	0		
	Se entre 1 e 3 SMA	1 a 19		
	Se > 3 SMA	20		
C2	• Produto principal representa:			
	Se representa < 25% do Produto Bruto	8		
	Se entre 25 e 50% do Produto Bruto	4		
	Se entre 50 e 80% do Produto Bruto	2		
	Se maior que 80% do Produto Bruto	0		
	• Cliente principal adquire:			
	Se < 25% do Produto Bruto	4		
	Se entre 25 e 50% do Produto Bruto	2		
	Se > 50% do Produto Bruto	0		
	• Produtos ofertados em cadeias curtas	2		
C3	• Dependência financeira (DF):		$DF = \sum \text{anualidade} / \text{Produto Bruto}$	
	Se DF < 20%	15		
	Se DF entre 20 e 25%	12		
	Se DF entre 25 e 30%	9		
	Se DF entre 30 e 35%	6		
	Se DF entre 35 e 40%	3		
	Se DF > 40%	0		
C4	• Sensibilidade às ajudas financeiras:		$SAF = \sum \text{ajudas} / \text{Produto Bruto}$	
	Se SAF < 20%	10		
	Se SAF entre 20 e 40%	8		
	Se SAF entre 40 e 60%	6		
	Se SAF entre 60 e 80%	4		
	Se SAF entre 80 e 100%	2		
C5	• Capital financeiro (CF):	0 a 20	$CF = \text{Depreciação da infraestrutura produtiva} / \text{UTH}$	
	• Eficiência do Processo Produtivo (EPP):		$EPP = (\text{Receitas} - \text{Despesas}) / \text{Receitas}$	
C6	Se < 10%	0		
	Se entre 10 e 20%	3		
	Se entre 20 e 30%	6		
	Se entre 30 e 40%	9		
	Se entre 40 e 50%	12		
	Se entre 50 e 60%	15		
	Se entre 60 e 70%	18		
	Se entre 70 e 80%	21		
Se entre 80 e 90%	23			
	Se > 90%	25		

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, são apresentados os resultados tabulados dos 41 indicadores por dimensão: **agroambiental**, indicadores de A1 até A19; **social**, indicadores de B1 até B16; e, **econômica**, indicadores de C1 até C6 (Tabela 7).

Em seguimento, faz a discussão dos resultados dos indicadores buscando identificar os problemas e as soluções próprias encontradas na análise das unidades de produção estudadas, destacando aqueles agroecossistemas que apresentaram as melhores pontuações por indicador (itens 4.1.1 até 4.1.41). Posteriormente, são apresentados os resultados agregados das cinco unidades de produção, bem como os resultados por unidade de produção, indicando a dimensão que restringe a sustentabilidade (Figuras 2 e 3).

Finalmente, são representados os resultados normalizados dos 41 indicadores por dimensão e por unidade de produção, utilizando-se gráficos multi-objetivos, facilitando a visualização daqueles indicadores que ficaram com escore inferior a 70% (Figura 4). Da mesma forma, através de gráficos multi-objetivos, são representados os valores máximos obtidos nos 41 indicadores pelo conjunto das cinco unidades de produção, visando a destacar os indicadores que demandam maiores esforços em conjunto, com os agricultores e demais agentes de desenvolvimento, para a melhoria da sustentabilidade da olericultura orgânica no território de estudo (Figura 5).

### 4.1 Tabulação dos Indicadores

Os resultados da sustentabilidade das cinco unidades de produção estudadas, considerando os valores máximos possíveis dos indicadores, componentes<sup>9</sup> e dimensões, foram os seguintes (Tabela 7):

**Tabela 7** – Valores da sustentabilidade das unidades de produção

Indicador / Componente / Dimensão	Valor máx.	Unidades de Produção				
		1	2	3	4	5
		<b>Valores atribuídos</b>				
A1	Diversidade de culturas anuais	13	13	13	13	6
A2	Diversidade de culturas perenes	13	0	0	0	0
A3	Diversidade vegetal associada	5	0	0	0	0
A4	Diversidade animal	13	6	10	10	6
A5	Valorização e conservação da agrobiodiversidade	6	6	6	6	6
<b>Diversidade</b>		33	25	29	29	18
A6	Rotação das culturas	10	8	5	6	1
A7	Tamanho das parcelas	6	6	6	6	6
A8	Gestão de materiais orgânicos	6	6	6	6	6
A9	Zonas de regulamentação ecológica	12	12	12	12	12
A10	Patrimônio natural	4	4	4	4	4
A11	Capacidade de carga animal	5	1	1	1	1
A12	Gestão das superfícies forrageiras	3	0	0	0	0
<b>Organização do Espaço</b>		33	33	33	33	30

<sup>9</sup> Deve-se observar que o método IDEA limita o valor dos indicadores e não permite compensações entre os componentes. Por exemplo, o resultado do componente diversidade da unidade de produção número 4 é a soma de 13 + 6 + 13 + 6 = 38; mas, o valor máximo do componente está limitado a 33 pontos (Tabela 7).

**Tabela 7 – Continuação.**

Indicador / Componente / Dimensão	Valor máx.	Unidades de Produção				
		1	2	3	4	5
		<b>Valores atribuídos</b>				
A13	Fertilização	10	10	10	10	10
A14	Tratamento de efluentes	10	9	9	9	9
A15	Pesticidas e produtos veterinários	10	10	10	10	10
A16	Bem-estar animal	3	3	3	3	0
A17	Proteção dos solos	5	5	5	5	5
A18	Gestão dos recursos hídricos	4	2	2	2	4
A19	Dependência energética	8	0	0	8	8
<b>Práticas Agrícolas</b>		34	34	34	34	34
<b>A - TOTAL DA DIMENSÃO AGROAMBIENTAL</b>		100	92	96	96	100
B1	Qualidade dos produtos	12	12	12	12	12
B2	Valorização do patrimônio construído e paisagem	7	6	5	6	4
B3	Tratamento de resíduos não orgânicos	6	2	2	2	4
B4	Acessibilidade	4	4	4	4	4
B5	Participação social	9	4	6	6	9
<b>Qualidade dos Produtos e Território</b>		33	28	29	30	33
B6	Valorização de cadeias curtas de comercialização	5	5	1	1	1
B7	Serviços e pluriatividade	5	5	5	5	5
B8	Geração de empregos	11	11	7	5	11
B9	Trabalho coletivo	9	8	9	9	9
B10	Perenidade presumida	3	2	2	2	3
<b>Empregos e Serviços</b>		33	31	24	22	29
B11	Contribuição ao equilíbrio alimentar	10	8	8	8	4
B12	Formação e capacitação	7	6	6	6	6
B13	Intensidade do trabalho	7	7	7	7	7
B14	Qualidade de vida	6	4	4	4	5
B15	Isolamento	3	3	3	2	3
B16	Acolhida, higiene e segurança.	6	5	6	6	6
<b>Ética e Desenvolvimento Humano</b>		34	33	34	33	31
<b>B - TOTAL DA DIMENSÃO SÓCIO-TERRITORIAL</b>		100	92	87	85	93
C1	Viabilidade econômica	20	18	0	10	0
C2	Taxa de especialização	10	8	2	2	2
<b>Viabilidade</b>		30	26	2	12	2
C3	Autonomia financeira	15	15	15	15	15
C4	Sensibilidade às ajudas diretas	10	10	10	10	10
<b>Independência</b>		25	25	25	25	25
C5	Transmissibilidade (depreciações)	20	0	20	8	8
<b>Transmissibilidade</b>		20	0	20	8	8
C6	Eficiência (relação das receitas e despesas)	25	12	18	6	25
<b>Eficiência</b>		25	12	18	6	25
<b>C - TOTAL DA DIMENSÃO ECONÔMICA</b>		100	66	65	60	60

Os esclarecimentos sobre os 41 indicadores utilizados, as adaptações que se fizeram necessárias e os tratamentos dos dados levantados para obtenção dos valores são apresentados a seguir, nos itens 4.1.1 a 4.1.41.



#### 4.1.1 Diversidade de culturas anuais (A1)

A diversidade de culturas anuais (ou temporárias) permite reduzir os riscos econômicos, climáticos ou fitossanitários, por meio da rotação de culturas e gestão da fertilidade do solo.

O indicador de diversidade de culturas anuais valoriza principalmente a agrobiodiversidade com o uso de leguminosas (fixação biológica de nitrogênio – FBN) quando representam porcentual maior que 10% da superfície agrícola utilizada, pois contribuem para a redução da dependência de nitrogênio, insumos industriais e combustíveis fósseis.

As unidades de produção estudadas cultivam diferentes tipos de olerícolas, mas o cultivo de ervilhas, feijão-de-vagem e outras olerícolas leguminosas (Fabaceae), bem como áreas plantadas com adubos verdes (crotalária, guandu, ervilhaca + aveia preta), apresentam porcentual de leguminosas menor que 10% da superfície agrícola utilizada (SAU).

A determinação do valor do indicador de diversidade de culturais anuais (A1) mostrou que o valor máximo (13) foi alcançado pelos sistemas de produção diversificados (unidades 1, 2 e 3), não obstante a carência de leguminosas nos sistemas estudados (Tabela 8).

**Tabela 8** – Determinação da diversidade de culturas anuais (A1)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Número de tipos de hortaliças anuais	106	40	50	10	6
Se número de tipos > 6	2	2	2	0	0
Presença de leguminosas em rotação (SAU >10%)	0	0	0	0	0
Total	108	42	52	10	6
<b>Valor do Indicador</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>6</b>

Observação: valor máximo do indicador: A1 =13.

Os agroecossistemas 1, 2 e 3 atingiram o valor máximo do indicador de diversidade de culturas anuais principalmente porque o número de tipos de hortaliças anuais cultivadas e comercializadas é relativamente alto. Nas unidades de produção estudadas foram identificados 65 tipos de produtos comerciais, sendo que 62 tipos foram de hortaliças anuais (Tabela 9).

**Tabela 9** – Tipos de cultivos comerciais identificados nas unidades de produção

Tipo	Cultivos		Unidades de Produção					NA <sup>(1)</sup>
		Espécie	1	2	3	4	5	
1	Abobrinha	<i>Cucurbita pepo</i>	1	0	0	0	0	1
2	Agrião	<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i>	1	0	0	0	0	1
3	Aipo	<i>Apium graveolens var. dulce</i>	1	0	0	0	0	1
4	Alface Americana	<i>Lactuca sativa</i>	1	1	1	0	0	3
5	Alface Carvalho Roxa	<i>Lactuca sativa</i>	1	0	0	0	0	1
6	Alface Carvalho Verde	<i>Lactuca sativa</i>	1	0	0	0	0	1
7	Alface Crespa Roxa	<i>Lactuca sativa</i>	1	0	0	0	0	1
8	Alface Crespa Verde	<i>Lactuca sativa</i>	1	1	1	0	0	3
9	Alface Lisa	<i>Lactuca sativa</i>	1	1	1	0	0	3
10	Alface Lolo	<i>Lactuca sativa</i>	1	0	0	0	0	1
11	Alho-Porró	<i>Apium ampeloprasum</i>	1	0	0	0	0	1
12	Batata Inglesa Amarela	<i>Solanum tuberosum</i>	1	0	1	0	0	2

**Tabela 9 - Continuação**

	Tipo	Cultivos	Espécie	Unidades de Produção					NA <sup>(1)</sup>
				1	2	3	4	5	
13	Batata Inglesa Rosa		<i>Solanum tuberosum</i>	1	0	1	0	0	2
14	Batata Yacon		<i>Polymnia sonchifolia</i>	0	0	1	0	0	1
15	Berinjela		<i>Solanum melongena</i>	1	0	0	0	0	1
16	Bertalha		<i>Basella rubra</i>	1	0	0	0	0	1
17	Beterraba		<i>Beta vulgaris</i>	1	1	1	0	0	3
18	Brócolis Americano		<i>Brassica oleracea</i>	1	1	1	0	0	3
19	Brócolis Ramoso		<i>Brassica oleracea var Italica</i>	1	1	1	0	0	3
20	Cebola		<i>Alium cepa</i>	1	0	1	0	0	2
21	Cebolão		<i>Alium cepa</i>	0	1	1	0	0	2
22	Cebolinha		<i>Allium schoenoprasum</i>	1	1	1	0	0	3
23	Cenoura Bolinha		<i>Daucus carota</i>	1	0	0	0	0	1
24	Cenoura Brasília		<i>Daucus carota</i>	1	1	1	0	0	3
25	Cenoura Carandaí		<i>Daucus carota</i>	1	0	0	0	0	1
26	Cenoura Nantes		<i>Daucus carota</i>	1	1	1	0	0	3
27	Chicória (lisa, escarola)		<i>Cichorium endívia</i>	1	0	1	0	0	2
28	Chicória (crespa, frisée)		<i>Cichorium endívia</i>	1	0	0	0	0	1
29	Chuchu		<i>Sechium edule</i>	1	0	0	1	1	3
30	Coentro		<i>Coriandrum sativum</i>	1	0	0	0	0	1
31	Couve-folha (manteiga, mineira)		<i>Brassica oleracea var. acephala</i>	1	0	0	0	0	1
32	Couve-chinesa		<i>Brassica pekinensis</i>	1	1	0	0	0	2
33	Couve-Flor (verão)		<i>Brassica oleracea var botrytis</i>	0	0	1	0	0	1
34	Couve-Flor (bola de neve)		<i>Brassica oleracea var botrytis</i>	1	1	1	0	0	3
35	Ervilha		<i>Pisum sativum</i>	1	0	0	0	0	1
36	Espinafre (neozelandês)		<i>Tetragonia expansa</i>	1	0	0	0	0	1
37	Hortelã		<i>Mentha</i>	1	0	0	0	0	1
38	Morango		<i>Fragaria x ananassa</i>	1	0	0	0	0	1
39	Manjericão Roxo (Alfavaca)		<i>Ocimum basilicum</i>	1	0	0	0	0	1
40	Manjericão Verde (Alfavaca)		<i>Ocimum basilicum</i>	1	0	0	0	0	1
41	Menta		<i>Mentha</i>	1	0	0	0	0	1
42	Milho Verde (Eldorado)		<i>Zea mays</i>	1	0	1	0	0	2
43	Mostarda		<i>Brassica juncea</i>	0	1	0	0	0	1
44	Nabo Redondo		<i>Brassica rapa</i>	0	1	0	0	0	1
45	Pepino (caipira)		<i>Cucumis sativus</i>	1	1	0	0	0	2
46	Pepino Japonês		<i>Cucumis sativus (hibrido)</i>	1	1	0	0	0	2
47	Pimentão Verde		<i>Capsicum annuum</i>	1	1	0	0	0	2
48	Quiabo		<i>Abelmoschus esculentus</i>	1	0	0	1	0	2
49	Rabanete		<i>Raphanus sativus</i>	1	0	1	0	0	2
50	Radicchio		<i>Chicorium intibus</i>	1	0	0	0	0	1
51	Repolho (Verde)		<i>Brassica oleracea var capitata</i>	1	1	1	0	0	3
52	Repolho Roxo		<i>Brassica oleracea var capitata</i>	1	0	1	0	0	2
53	Rúcula		<i>Eruca sativa</i>	1	0	0	0	0	1
54	Salsa Crespa		<i>Petroselinum crispum</i>	1	0	0	0	0	1
55	Salsa Lisa		<i>Petroselinum crispum</i>	1	0	1	0	0	2
56	Taioba		<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	0	0	1	0	0	1
57	Tomate (santa, salada)		<i>Lycopersicon esculentum</i>	0	1	1	0	0	2
58	Tomate (perinha)		<i>Lycopersicon esculentum</i>	1	0	0	1	0	2
59	Tomate (cereja)		<i>Lycopersicon esculentum</i>	0	0	0	0	1	1
60	Tomilho		<i>Thymus vulgaris</i>	1	0	0	0	0	1

**Tabela 9 - Continuação**

	Tipo	Cultivos	Espécie	Unidades de Produção					NA <sup>(1)</sup>
				1	2	3	4	5	
61	Vagem (francesa, manteiga)		<i>Phaseolus vulgaris</i>	1	1	1	1	0	4
62	Vagem (macarão)		<i>Phaseolus vulgaris</i>	0	0	0	1	1	2
<b>Total de Tipos Anuais</b>				53	20	25	5	3	
63	Laranja Lima		<i>Citrus spp</i>	0	0	0	1	0	1
64	Lima da Persia		<i>Citrus spp</i>	0	0	0	1	0	1
65	Tangerina		<i>Citrus reticulata</i>	0	0	0	1	0	1
<b>Total de Tipos Perenes</b>				0	0	0	3	0	3
<b>Total de Anuais + Perenes</b>				53	20	25	8	3	3

<sup>(1)</sup> Número de agroecossistema que cultiva cada tipo de produto

Em face dos resultados, para melhor discriminação dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, embora o indicador tenha diferenciado a agrobiodiversidade dos sistemas de produção estudados, pode-se sugerir uma adaptação do indicador que limite a pontuação do número de tipos (espécies, variedades, cultivar), de tal forma que a presença de certo percentual de leguminosas seja valorizado.

Por exemplo: supondo um sistema com 7 tipos de cultivo (um ponto por tipo, limitado ao valor máximo em 10 pontos), sendo que o cultivo de leguminosas (ervilha, feijão-de-vagem e adubos verdes) representa 10% dos produtos comercializados, então o sistema de produção obteria a pontuação máxima (13 pontos). Caso a área de cultivo com leguminosas fosse menor que 10% da superfície agrícola útil (SAU), não se somam os três pontos, portanto, o valor de indicador seria 12 pontos [10 (número de tipos) + 2 (número de tipos > 6) + 0 (leguminosas < 10% = 12)].

#### 4.1.2 Diversidade de culturas perenes (A2)

As árvores e as pastagens são fatores da estabilidade ecológica, por sua perenidade, contribuindo para o funcionamento sustentável dos agroecossistemas.

O indicador de diversidade das culturas perenes valoriza principalmente as pastagens, capineiras, cultivo de espécies arbóreas, pomares e sistemas agroflorestais.

As unidades estudadas apresentaram áreas ocupadas com pastagens e capineiras para a criação de pequenos animais (galinhas e cabras); porém, em todos os agroecossistemas as pastagens e capineiras ocupam área inferior a 5% da superfície agrícola útil (SAU), que é a área mínima para pontuação.

Entre as cinco unidades, apenas um sistema de produção (sistema de produção de olerícolas especializadas, chuchu principalmente, sistema 4) apresentou a comercialização de produtos de frutíferas perenes, representada pelas vendas de lima da pérsia, laranja lima e tangerinas.

Ademais, em nenhuma unidade de produção estudada foi observado o uso de sistemas agroflorestais.

Desta forma, a determinação do valor do indicador da diversidade de culturas perenes mostrou que apenas um agroecossistema pontuou, alcançando seis (6) pontos (Tabela 10).

Em geral, as unidades de produção estudadas carecem de diversidade de cultivos perenes; portanto, isto sugere o estabelecimento de metas de ocupação de 5% da SAU com cultivo de plantas perenes, como as pastagens e capineiras (plantios em faixas) para a alimentação dos animais (e outros usos), bem como a intensificação do plantio de frutíferas perenes (banana, lima da pérsia, laranja lima, tangerinas), preferencialmente incorporando os

elementos arbóreos aos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico por meio do desenho de sistemas agroflorestais, para aumentar a sustentabilidade dos agroecossistemas, ao longo do tempo.

**Tabela 10** – Determinação da diversidade de culturas perenes (A2)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Pastagens ou capineiras (se SAU > 5%)	0	0	0	0	0
Espécies arbóreas, frutíferas e outros cultivos perenes	0	0	0	6	0
Sistemas agroflorestais	0	0	0	0	0
<b>Valor do indicador</b>	0	0	0	6	0

Observação: valor máximo do indicador: A2 =13.

#### 4.1.3 Diversidade vegetal associada (A3)

O indicador de diversidade vegetal valoriza principalmente a arborização do entorno das instalações prediais, o cultivo sombreado e outras estruturas vegetais com plantas lenhosas, como quebra-ventos e cercas vivas.

Em conjunto, a diversidade vegetal associada tem importantes interações ecológicas com o sistema de produção propriamente dito; além de embelezar a paisagem.

Nas unidades estudadas há carência de estruturas vegetais arbóreo-lenhosa compondo os sistemas de produção, quer sejam plantadas como quebra-vento, cerca viva ou mesmo que representasse algum papel destacado para o embelezamento da paisagem.

Sendo assim, o indicador de diversidade vegetal associada mostrou que os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico carecem totalmente das interações destes componentes de biodiversidade (Tabela 11).

**Tabela 11** – Determinação da diversidade vegetal associada (A3)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Número de espécies lenhosas (quebra-ventos, cercas vivas, plantio sombreado, árvores isoladas)	0	0	0	0	0
<b>Valor do indicador</b>	0	0	0	0	0

Observação: valor máximo do indicador: A3 = 5.

Para melhoria da sustentabilidade sugere-se o plantio em aléias (com o sombreamento do elemento arbóreo-lenhoso manejado sazonalmente), a implantação de quebra-ventos delimitando áreas de cultivo e cercas-vivas no entorno das instalações prediais (produtivas e não produtivas) possibilitando o aumento das interações ecológicas da diversidade vegetal associada com os sistemas de produção, além de servirem de importantes elementos para o embelezamento da unidade de produção.

#### 4.1.4 Diversidade animal (A4)

A produção animal otimiza o uso dos recursos disponíveis na unidade de produção e, normalmente, contribui para o aumento da fertilidade do solo.

O indicador de diversidade animal valoriza a criação de certo número de espécies e raças.

Geralmente, os sistemas de produção de olerícolas integrados com criações de pequenos animais aumentam a renda, utilizam os restos das culturas (subprodutos) na alimentação dos animais e os animais fornecem esterco para preparação de compostos, reduzindo a dependência de adubos orgânicos.

A determinação do valor da diversidade animal mostrou que todos os sistemas pontuaram; mas, apenas uma unidade de produção atingiu o valor máximo de 13 pontos (Tabela 12).

**Tabela 12** – Determinação da diversidade animal (A4).

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Numero de espécies presentes	5	10	10	15	5
Número de raças suplementares	1	0	0	0	1
Total	6	10	10	15	6
<b>Valor do indicador</b>	6	10	10	13	6

Observação: valor máximo do indicador: A4 =13.

O agroecossistema (unidade 4) que atingiu valor máximo (13) trata-se da produção de olerícolas especializado (principalmente o cultivo do chuchu), mas que apresenta a criação três espécies animais (cabras de leite, galinhas caipiras e coelhos).

Os sistemas de produção de olerícolas diversificados (unidade 2 e 3) atingiram alta pontuação (10), devido às criações de cabras de leite e galinhas caipiras.

Os sistemas de produção com apenas a criação de galinhas (unidades 1 e 5), embora apresentassem raças suplementares (galinha poedeira e dupla aptidão), obtiveram menor pontuação (6 pontos).

Em suma, as criações de pequenos animais (cabras, galinhas e coelhos) com diversificação de raças [por exemplo, raças suplementares de galinhas: poedeiras (ovos) e dupla aptidão (ovos e carne)], são atividades presentes nos agroecossistemas estudados que devem ser estimuladas e melhoradas para o aumento da sustentabilidade dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico.

#### 4.1.5 Valorização e conservação da agrobiodiversidade (A5)

A erosão genética e o desaparecimento de elementos da agrobiodiversidade local comprometem a base dos recursos agrícolas, reduz o capital biológico (patrimônio genético) e ameaça a segurança alimentar.

O indicador de valorização e conservação da agrobiodiversidade valoriza o cultivo de espécies vegetais e a criação de espécies animais locais, particularmente aquelas espécies vegetais e animais raros ou ameaçados de desaparecimento.

Em geral, a produção de olerícolas sob manejo orgânico utiliza materiais genéticos produzidos por empresas especializadas, principalmente sementes híbridas; e, em menor escala, sementes de polinização aberta. Alguns materiais genéticos são próprios.

As unidades de produção estudadas não apresentaram nenhuma criação que fosse importante para o registro de proteção do patrimônio genético animal regional ou local; pois, as espécies criadas não puderam ser consideradas como raras ou ameaçadas de extinção.

Entretanto, entre os 65 tipos de produtos vegetais comerciais encontrados nas unidades produtivas estudadas (Tabela 9), 18 tipos de olerícolas foram considerados de importância regional ou local, além de três (3) tipos de frutíferas perenes (Tabela 13).

**Tabela 13** – Tipos de olerícolas e frutíferas de importância local ou regional

Tipo	Unidade de Produção (UP)					Nº de Unidades Produtivas com o tipo
	1	2	3	4	5	
	Presença (1) ou ausência (0)					
1 Batata Inglesa Amarela (Albertos)	1	0	1	0	0	2
2 Batata Inglesa Rosa (Albertos)	1	0	1	0	0	2
3 Batata Yakon (regional)	0	0	1	0	0	1
4 Bertalha (regional)	1	0	0	0	0	1
5 Brócolis Ramoso (Albertos)	0	1	1	0	0	2
6 Cebolão (Albertos)	0	1	1	0	0	2
7 Cebolinha (material próprio)	1	1	1	0	0	3
8 Chuchu (SJVRP)	0	0	0	1	1	2
9 Couve-folhas (manteiga, mineira)	1	0	0	0	0	1
10 Couve-Flor (Albertos)	0	1	1	0	0	2
11 Hortelã (material próprio)	1	0	0	0	0	1
12 Menta (material próprio)	1	0	0	0	0	1
13 Milho Verde (Eldorado)	1	0	1	0	0	2
14 Pepino caipira (local)	1	1	0	0	0	2
15 Taioba (local)	0	0	1	0	0	1
16 Tomate (perinha, semente própria)	1	0	0	1	0	2
17 Tomate (cereja, semente própria)	0	0	0	0	1	1
18 Vagem (semente própria)	0	1	1	1	0	3
<b>Subtotal</b> (olerícolas por UP)	10	6	10	3	2	
1 Laranja Lima (regional)	0	0	0	1	0	1
2 Lima da Pérsia (regional)	0	0	0	1	0	1
3 Tangerina (regional)	0	0	0	1	0	1
<b>Subtotal</b> (frutíferas perenes por UP)	0	0	0	3	0	
<b>Total</b> (tipo por UP)	10	6	10	6	2	

Para estimativa do indicador de valorização e conservação da agrobiodiversidade, do patrimônio genético vegetal foram destacados entre os 18 tipos de olerícolas de importância local ou regional, aqueles tipos considerados raros ou ameaçados, sendo que 10 tipos de olerícolas foram considerados raros; e, entre os três tipos de frutíferas locais, foi considerada rara apenas a produção comercial de laranja lima (Tabela 14).

**Tabela 14** – Tipos vegetais raros ou ameaçados das unidades de produção

Tipos raros ou ameaçados	Unidade de Produção (UP)					Nº de Unidades produtivas com o tipo
	1	2	3	4	5	
	Presença (1) ou Ausência (0)					
1 Batata Inglesa Amarela (material próprio)	1	0	1	0	0	2
2 Batata Inglesa Rosa (material próprio)	1	0	1	0	0	2
3 Bertalha	1	0	0	0	0	1
4 Brócolis Ramoso (semente própria)	0	1	1	0	0	2

**Tabela 14 – Continuação**

Tipos raros ou ameaçados	Unidade de Produção (UP)					Nº de Unidades produtivas com o tipo
	1	2	3	4	5	
	Presença (1) ou Ausência (0)					
5 Cebolão	0	1	1	0	0	2
6 Couve-Flor (semente própria)	0	1	1	0	0	2
7 Milho Verde (Eldorado)	1	0	1	0	0	2
8 Taioba	0	0	1	0	0	1
9 Tomate Perinha (semente própria)	1	0	0	1	0	2
10 Tomate Cereja (semente própria)	0	0	0	0	1	1
<b>Subtotal</b> (olerícolas raras por UP)	5	3	7	1	1	
1 Laranja Lima	0	0	0	1	0	
<b>Subtotal</b> (frutíferas perenes por UP)	0	0	0	1	0	
<b>Total</b> (tipos por UP)	5	3	7	2	1	

Desta forma, a determinação do valor do indicador de valorização e conservação da agrobiodiversidade (patrimônio genético vegetal) mostrou que todos os sistemas conseguiram atingir a pontuação máxima de seis (6) pontos (Tabela 15).

**Tabela 15 – Determinação da valorização e conservação da agrobiodiversidade (A5)**

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	Pontuação				
Tipo de olerícola de importância regional ou local	6	18	30	18	6
Tipo raro ou ameaçado	10	6	14	4	2
Total	37	24	44	22	8
<b>Valor do indicador</b>	6	6	6	6	6

Observação: valor máximo do indicador: A5 = 6.

Em face dos resultados, percebe-se que as diferenças entre as unidades estudadas não foram totalmente capturadas pelo indicador de determinação da valorização e conservação da agrobiodiversidade. Isto sugere a modificação nos critérios de pontuação para melhor discriminação dos sistemas que possuem menor número de tipos de olerícolas locais (ou regional) daqueles com maior número de tipos raros e ameaçados de desaparecimento. Por exemplo: atribuindo-se apenas 0,5 ponto por tipo de olerícola considerada de importância para a preservação do patrimônio genético local e regional.

Oportunamente, salienta-se que as sugestões apresentadas de alterações no método carecem de investigação de um número maior de unidades de produção de olerícolas sob manejo orgânico, para melhor adaptação e validação do indicador.

#### 4.1.6 Rotação das culturas (A6)

As monoculturas e as simplificações das rotações dos cultivos aumentam os riscos culturais (climáticos e sanitários) e econômicos. Os agroecossistemas sustentáveis utilizam complexas rotações de cultivos que otimizam o uso dos recursos disponíveis e favorecem os mecanismos naturais de controle fitossanitário (pragas e doenças).

A produção de olerícolas anuais normalmente apresenta ciclos sucessivos de cultivos em uma mesma área, o que demanda a observação criteriosa das técnicas de rotação das culturas, práticas de cultivos intercalares e consórcios, para a redução de problemas sanitários de importância econômica.

O indicador de rotação das culturas avalia, primeiramente, a importância de diferentes cultivos (espécies, famílias, grupos) nos sistemas de produção. E, em segundo lugar (porém não menos importante), o indicador valoriza o plantio intercalar (existência de várias culturas em linhas diferentes, embora próximas) ou o consórcio de culturas.

Para determinação do valor do indicador de rotação de culturas foi necessário levar em consideração algumas particularidades dos sistemas de produção de olerícolas.

De acordo com Filgueira (2008), a classificação botânica baseia-se no parentesco (similaridades e dessemelhanças) entre as espécies vegetais. No caso particular das plantas olerícolas, existem desacordos entre os botânicos quanto ao nome correto de algumas famílias, gêneros e espécies. Assim, uma classificação técnica das hortaliças pode agrupar os cultivos pelas partes utilizáveis e comercializáveis das plantas, em três grupos<sup>10</sup>: (i) **hortaliças-fruto** – utilizam-se os frutos (ou partes deles) como produto comercial, por exemplo: tomate, quiabo, chuchu, feijão-vagem, morango, melancia; (ii) **hortaliças herbáceas** – aquelas cujas partes comercializáveis localizam-se acima do solo, sendo tenras e suculentas: folhas (alface, repolho, taioba); talos e hastes (aspargo, aipo, funcho); flores ou inflorescência (couve-flor, brócolos, alcachofra); e, (iii) **hortaliças tuberosas** – as partes utilizáveis desenvolvem-se dentro do solo, sendo ricas em carboidratos: raízes (cenoura, batata-doce, rabanete, mandioquinha-salsa; tubérculos (batata-inglesa, cará); rizomas (inhame); e, bulbos (alho, cebola).

Apresenta-se a classificação dos tipos vegetais por grupo agrônomico encontrados nos cinco sistemas de produção estudados na Tabela 16.

**Tabela 16** – Classificação dos tipos de vegetais por grupo agrônomico

	<b>Tipo</b>	<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Grupo</b>
1	Abobrinha	<i>Cucurbita pepo</i>	Cucurbitaceae	Fruto
2	Agrião	<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Herbácea
3	Aipo	<i>Apium graveolens var. dulce</i>	Apiaceae	Herbácea
4	Alface Americana	<i>Lactuca sativa</i>	Asterataceae	Herbácea
5	Alface Carvalho Roxa	<i>Lactuca sativa</i>	Asterataceae	Herbácea
6	Alface Carvalho Verde	<i>Lactuca sativa</i>	Asterataceae	Herbácea
7	Alface Crespa Roxa	<i>Lactuca sativa</i>	Asterataceae	Herbácea
8	Alface Crespa Verde	<i>Lactuca sativa</i>	Asterataceae	Herbácea
9	Alface Lisa	<i>Lactuca sativa</i>	Asterataceae	Herbácea
10	Alface Lolo	<i>Lactuca sativa</i>	Asterataceae	Herbácea
11	Alho-Porró	<i>Apium ampeloprasum</i>	Alliaceae	Tuberosa <sup>(1)</sup>
12	Batata Inglesa Amarela	<i>Solanum tuberosum</i>	Solanaceae	Tuberosa
13	Batata Inglesa Rosa	<i>Solanum tuberosum</i>	Solanaceae	Tuberosa
14	Batata Yacon	<i>Polymnia sonchifolia</i>	Asterataceae	Tuberosa
15	Berinjela	<i>Solanum melongena</i>	Solanaceae	Fruto
16	Bertalha	<i>Basella rubra</i>	Baselaceae	Herbácea
17	Beterraba	<i>Beta vulgaris</i>	Quenopodiaceae	Tuberosa

<sup>10</sup> Desde 1930 utiliza-se essa classificação das hortaliças, que foi adaptada pelas Centrais de Abastecimento.



**Tabela 16 – Continuação**

	<b>Tipo</b>	<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Grupo</b>
18	Brócolis Americano	<i>Brassica oleracea</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Herbácea
19	Brócolis Ramoso	<i>Brassica oleracea var Italica</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Herbácea
20	Cebola	<i>Allium cepa</i>	Alliaceae	Tuberosa
21	Cebolão	<i>Allium cepa</i>	Alliaceae	Herbácea
22	Cebolinha	<i>Allium schoenoprasum</i>	Alliaceae	Herbácea
23	Cenoura Bolinha	<i>Daucus carota</i>	Apiaceae	Tuberosa
24	Cenoura Brasília	<i>Daucus carota</i>	Apiaceae	Tuberosa
25	Cenoura Carandaí	<i>Daucus carota</i>	Apiaceae	Tuberosa
26	Cenoura Nantes	<i>Daucus carota</i>	Apiaceae	Tuberosa
27	Chicória (lisa, escarola)	<i>Cichorium endívia</i>	Asterataceae	Herbácea
28	Chicória (crespa, frisée)	<i>Cichorium endívia</i>	Asterataceae	Herbácea
29	Chuchu	<i>Sechium edule</i>	Cucurbitaceae	Fruto
30	Coentro	<i>Coriandrum sativum</i>	Apiaceae	Herbácea
31	Couve-folha (manteiga, mineira)	<i>Brassica oleracea var. acephala</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Herbácea
32	Couve-chinesa	<i>Brassica pekinensis</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Herbácea
33	Couve-Flor (verão)	<i>Brassica oleracea var botrytis</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Herbácea
34	Couve-Flor (bola de neve)	<i>Brassica oleracea var botrytis</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Herbácea
35	Ervilha	<i>Pisum sativum</i>	Fabaceae	Fruto
36	Espinafre (neozelandês)	<i>Tetragonia expansa</i>	Quenopodiaceae	Herbácea
37	Hortelã	<i>Mentha</i>	Lamiaceae (labiadas)	Herbácea
38	Laranja Lima	<i>Citrus spp</i>	Rutaceae	Frutífera
39	Lima da Pérsia	<i>Citrus spp</i>	Rutaceae	Frutífera
40	Morango	<i>Fragaria x ananassa</i>	Rosaseae	Fruto
41	Manjerição Roxo (Alfavaca)	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae (labiadas)	Herbácea
42	Manjerição Verde (Alfavaca)	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae (labiadas)	Herbácea
43	Menta	<i>Mentha</i>	Lamiaceae (labiadas)	Herbácea
44	Milho Verde (Eldorado)	<i>Zea mays</i>	Maydeae	Fruto
45	Mostarda	<i>Brassica</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Herbácea
46	Nabo Redondo	<i>Brassica rapa</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Tuberosa
47	Pepino (caipira)	<i>Cucumis sativus</i>	Solanaceae	Fruto
48	Pepino Japonês	<i>Cucumis sativus (hibrido)</i>	Solanaceae	Fruto
49	Pimentão Verde	<i>Capsicum annuum</i>	Solanaceae	Fruto
50	Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Malvaceae	Fruto
51	Rabanete	<i>Raphanus sativus</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Tuberosa
52	Radicchio	<i>Chicorium intibus</i>	Asterataceae	Herbácea
53	Repolho (verde)	<i>Brassica oleracea var capitata</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Herbácea
54	Repolho Roxo	<i>Brassica oleracea var capitata</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Herbácea
55	Rúcula	<i>Eruca sativa</i>	Brassicaceae (crucíferae)	Herbácea
56	Salsa Crespa	<i>Petroselinum crispum</i>	Apiaceae	Herbácea
57	Salsa Lisa	<i>Petroselinum crispum</i>	Apiaceae	Herbácea
58	Taioba	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	Araceae	Herbácea
59	Tangerina	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae	Frutífera
60	Tomate (santa, salada)	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Solanaceae	Fruto
61	Tomate (perinha)	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Solanaceae	Fruto
62	Tomate (cereja)	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Solanaceae	Fruto
63	Tomilho	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae (labiadas)	Herbácea
64	Vagem (francesa, manteiga)	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fabaceae	Fruto
65	Vagem (macarão)	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fabaceae	Fruto

<sup>(1)</sup> O alho-porró foi considerado no grupo das tuberosas, devido à amontoa para produção de talos brancos cobertos pela terra, que têm maior valor comercial; mas, quando não se faz a amontoa pode ser considerada no grupo das herbáceas.

A determinação do indicador de importância da rotação de culturas mostrou que nenhum sistema de produção de olerícolas sob manejo orgânico alcançou o valor máximo (10); tendo variado de 1 a 8 pontos (Tabela 17).

**Tabela 17** – Determinação do indicador de rotação das culturas (A6)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Importância dos grupos (frutos, herbáceas e tubérculos)	0	0	0	0	0
Importância das famílias	4	2	4	0	0
Importância dos cultivos intercalares	4	2	2	2	1
Importância dos consórcios	0	1	0	2	0
<b>Valor do indicador</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

Observação: valor máximo do indicador: A6 = 10.

As unidades estudadas mostraram-se desequilibradas quanto uso dos grupos de vegetais. Mesmo os sistemas de produção de olerícolas diversificados (unidades 1, 2 e 3) apresentaram maior importância para o grupo das hortaliças herbáceas (folhas, talos e hastes, flores e inflorescência), em detrimento das hortaliças tuberosas (tubérculos, raízes, rizomas e bulbos) e hortaliças-fruto (frutos e sementes). E, quanto à importância das famílias botânicas, há predomínio dos cultivos de brássicas (agrião, brócolis, couve-de-folha, couve-chinesa, couve-flor, mostarda, nabo, rabanete, repolho e rúcula).

Os sistemas especializados de produção de hortaliças-frutos (chuchu, vagem, quiabo e tomate) apresentaram o maior percentual de plantio por família botânica, destacadamente a família Curcubitaceae, representada pelo *Sechium edule* (chuchu).

Os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados carecem, portanto, de melhor distribuição dos grupos de hortaliças (herbáceas, tuberosas e frutos) e famílias botânicas; ademais, o aprimoramento do desenho espacial dos cultivos intercalares e aumento da prática do plantio consorciado podem contribuir para a melhoria da sustentabilidade.

#### 4.1.7 Tamanho das parcelas (A7)

O tamanho das parcelas de cultivo (em céu aberto, viveiros ou casa de vegetação) é importante ser avaliado em função dos riscos fitossanitários e erosão dos solos.

Geralmente, as parcelas de dimensões menores, cultivadas com diferentes espécies e separadas por cercas vivas formam um mosaico, unidades espaciais distintas que oferecem barreiras à dispersão das pragas e proporcionam melhores condições ecológicas para a regulação do parasitismo; além disso, os plantios em faixas reduzem os riscos de erosão, mesmo em terrenos com pequena declividade.

A determinação da sustentabilidade pelo indicador de tamanho das parcelas mostrou que todos os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico são explorações agrícolas que podem ser consideradas de tamanho adequado; pois, atingiram o valor máximo de seis (6) pontos (Tabela 18).

Embora os resultados do indicador de dimensão das parcelas tenham mostrado que não existem diferenças significativas entre as unidades de produção, verifica-se que os sistemas de produção especializados, a cultura principal (chuchu) ocupa praticamente toda a área explorada, em determinado período do ano (embora, seja explorado em consórcio com outras

culturas), não havendo, por exemplo, interrupções do parreiral por cercas vivas, que possa caracterizar um mosaico.

**Tabela 18** – Determinação do valor da dimensão das parcelas (A7)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	Pontuação				
Nenhuma parcela com dimensão superior a 3 hectares	6	6	6	6	6
Dimensão média das parcelas (< 4 hectares)	2	2	2	2	2
Total	8	8	8	8	8
<b>Valor do indicador</b>	6	6	6	6	6

Observação: valor máximo do indicador: A7 = 6.

Desta forma, para diferenciar os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico pode-se sugerir uma redução drástica dos valores dos parâmetros prefixados pelo método IDEA; por exemplo: se a dimensão da parcela ideal para olericultura fosse reduzida de 3 hectares para 0,3 hectares, e, em consequência, também fosse diminuída a dimensão média da parcela explorada de 4 para 0,4 hectares, então, o resultado do indicador de dimensão da parcela distinguiria facilmente os sistemas de produção estudados (Tabela 19).

**Tabela 19** – Proposta de determinação do indicador de tamanho das parcelas

Modalidade de determinação	
Critérios	Pontos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensão da parcela:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nenhuma parcela com a mesma cultura &gt; 0,3 hectares</li> <li>- Nenhuma parcela com a mesma cultura &gt; 0,4 hectares</li> <li>- Nenhuma parcela com a mesma cultura &gt; 0,5 hectares</li> <li>- Nenhuma parcela com a mesma cultura &gt; 0,6 hectares</li> <li>- Nenhuma parcela com a mesma cultura &gt; 0,7 hectares</li> <li>- Nenhuma parcela com a mesma cultura &gt; 0,8 hectares</li> <li>- Parcela com a mesma cultura &gt; 0,8 hectares</li> </ul> </li> <li>• Dimensão média das parcelas &lt; 0,4 hectares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6</li> <li>5</li> <li>4</li> <li>3</li> <li>2</li> <li>1</li> <li>0</li> <li>2</li> </ul>

Hierarquicamente, se modificados os critérios de pontuação do indicador de tamanho das parcelas, os sistemas de produção de olerícolas diversificados (unidades 1, 2 e 3) atingiriam o valor máximo (6 pontos), enquanto os sistemas mais especializados (unidades 4 e 5) alcançariam valores intermediários.

#### 4.1.8 Gestão de materiais orgânicos (A8)

A matéria orgânica constitui a base da fertilidade dos solos. A manutenção da fertilidade do solo deve equilibrar as adições de materiais orgânicos à taxa de mineralização anual da matéria orgânica do solo (MOS). Os adubos orgânicos utilizados (comprados ou produzidos na unidade de produção) são fundamentais para a manutenção e melhoria da fertilidade dos solos.

Os resultados do indicador de gestão de materiais orgânicos mostram que todas as unidades aplicam composto orgânico de forma bem distribuída na superfície agrícola útil (SAU).

Ademais, todos os agroecossistemas utilizam os esterco disponíveis na unidade de produção para adubação e preparação de compostos; entretanto, apenas uma unidade estudada supre totalmente as suas necessidades com composto preparado na propriedade.

A determinação do valor do indicador de gestão de materiais orgânicos (A8) mostrou que todos os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico atingiram o valor máximo (6); pois, utilizam amplamente composto orgânico (Tabela 20).

**Tabela 20** – Determinação do valor da gestão de materiais orgânicos (A8)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Porcentual da SAU com aplicação de material orgânico	4	4	4	4	4
Composto utilizado é elaborado com recursos renováveis	2	2	2	2	2
Composto elaborado com recursos locais na unidade de produção	0	0	0	3	0
Total	6	6	6	9	6
<b>Valor do indicador</b>	6	6	6	6	6

Observação: valor máximo do indicador: A8 = 6.

O indicador de gestão de materiais orgânicos não distinguiu as unidades estudadas quanto à dependência de adubos orgânicos; ou seja, não diferenciou aquela unidade de produção que satisfaz as suas necessidades com composto próprio daquelas outras unidades produtivas que compram o adubo orgânico.

Desta forma, pode-se sugerir alteração do indicador de gestão de materiais orgânicos para torná-lo mais sensível às variações do percentual de composto comprado fora do estabelecimento; por exemplo, estabelecendo variação de 1 a 3 pontos para o critério de dependência de adubos orgânicos.

#### 4.1.9 Zonas de regulação ecológica (A9)

As áreas florestais, pequenos bosques, cercas vivas, faixas vegetadas (coberturas vivas), lagos ou mesmo antigos muros de pedra, quando apresentam qualidade de interconexão com os sistemas produtivos permitem que ocorram interações entre os componentes e sinergias de regulação ecológica engendrada pela fauna auxiliar (inimigos naturais, polinizadores).

A eficácia das zonas de regulação ecológica é, entretanto, dependente mais das dimensões das bordas (efeito de borda) do que da área total da superfície reservada; isto é, parece ser melhor que as áreas de regulação ecológica sejam bem distribuídas e interconectadas com os sistemas de produção, comparada a uma única área de reserva de mesmo tamanho, desconectada dos sistemas de produção.

As unidades estudadas apresentam relação das superfícies de regulação ecológica (SRE) com superfície agrícola utilizada (SAU) maior que 7% ( $SRE/SAU > 7\%$ ), conforme determina o método IDEA; da mesma forma, todas as unidades apresentaram áreas de preservação em torno das fontes de água e nas declividades superiores a 45%, em conformidade com a legislação brasileira.

A determinação do valor do indicador das zonas de regulação ecológica mostrou que todos os sistemas atingiram o valor máximo de 12 pontos (Tabela 21)

**Tabela 21** – Determinação do indicador das zonas de regulação ecológica (A9)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Relação SER / SAU > 7%	7	7	7	7	7
Fontes de água e áreas declivosas (>45%) preservadas	6	6	6	6	6
Total	13	13	13	13	13
<b>Valor do indicador</b>	12	12	12	12	12

Observação: valor máximo do indicador: A9 = 12.

#### 4.1.10 Patrimônio natural (A10)

O patrimônio natural é um bem coletivo que deve ser preservado, principalmente a salvaguarda de elementos frágeis demanda um verdadeiro engajamento dos agricultores em adotarem medidas diretas de gestão dos agroecossistemas concernentes à adaptação de certas práticas agrícolas aos valores ecológicos.

O indicador de ações à favor do patrimônio natural valoriza os compromissos de conservação dos recursos naturais fundamentais para o funcionamento sustentável dos sistemas de produção, como adoção do preparo mínimo do solo, limitação dos tratamentos químicos, observação da carga animal das pastagens e outras práticas agrícolas conservacionistas.

Em geral, os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico respeitam os valores de conservação do solo (praticam o cultivo mínimo e os canteiros são construídos em curvas de nível), melhoram a fertilidade dos solos (principalmente devido à adição de matéria orgânica) e o uso de agrotóxicos é restrito, eventualmente são usadas de caldas caseiras de baixo impacto ambiental (sulfocálcica e bordalesa).

Desta forma, os resultados do indicador de conservação do patrimônio natural mostraram que todas as unidades estudadas atingiram o valor máximo de quatro (4) pontos (Tabela 22).

**Tabela 22** – Determinação do indicador de conservação do patrimônio natural (A10)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Respeita os compromissos de conservação do patrimônio natural	4	4	4	4	4
<b>Valor do indicador</b>	4	4	4	4	4

Observação: valor máximo do indicador: A10 = 4.

#### 4.1.11 Capacidade de carga animal (A11)

A autonomia alimentar das criações é um princípio da agricultura sustentável. A capacidade de suporte ou carga animal deve ser equilibrado com as disponibilidades de recursos forrageiros.

Geralmente, a biomassa forrageira disponível é um dos critérios mais fáceis e precisos para a definição da capacidade de suporte; considerando que a noção de carga animal ótima (UA. ha<sup>-1</sup>) é própria para cada tipo de criação e região edafoclimática.

O valor do indicador de capacidade de carga deve refletir o equilíbrio entre as disponibilidades dos recursos forrageiros locais e as necessidades de alimentos para os animais; quando a capacidade de carga animal é superior a ótima, o agroecossistema não mais repousa sobre a transformação da energia luminosa em forragens (fotossíntese) e passa a depender da importação de alimentos para os animais, aquisição de rações e outros insumos, como fertilizantes químicos para aumento da produção de forragens.

Os sistemas de criação autônomos administram corretamente as superfícies agrícolas, produzem quantidades suficientes de forragens e outros alimentos.

Normalmente, a valorização ótima do espaço combina a rotação do cultivo de forrageiras (gramíneas para corte e pastoreio) com o cultivo de cereais e leguminosas, favorecendo o controle sanitário dos animais e a manutenção da fertilidade do solo.

O indicador de capacidade de carga animal valoriza os agroecossistemas dotados de sistemas de criação autônomos (obtem o valor máximo de 5 pontos), enquanto a produção confinada e totalmente dependente de insumos para alimentação dos animais é penalizada com o valor zero (0).

O indicador de capacidade de carga animal penaliza também os sistemas de produção vegetal exclusivamente com valor zero (0); aqueles sistemas que não valorizam o espaço local com atividades de produção vegetal e animal integradas.

Os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados apresentaram a criação de pequenos animais (cabras, galinhas, coelhos). As unidades com criações de cabras apresentaram autonomia na alimentação dos animais; entretanto, as criações de galinhas apresentaram certo grau de dependência da importação de ração para alimentação dos animais.

Para aplicação do indicador de capacidade de carga animal, portanto, foi considerado o percentual de importação de ração para o atendimento adequado das necessidades de alimentação das galinhas, da seguinte forma (Tabela 23):

**Tabela 23** – Modalidade de determinação da carga animal

Modalidade de determinação	Pontos
Carga animal ótima: o sistema atende 100% das necessidades de alimentação	5
Importação de ração entre 10 a 30% das necessidades de alimentação dos animais	3
Importação de ração entre 30 a 50% das necessidades de alimentação dos animais	2
Importação de ração entre 50 a 80% das necessidades de alimentação dos animais	1
Importação de ração entre 80% a 100% ou sistema sem criação animal	0

O indicador de carga animal, considerando a criação de galinhas limitante para a autonomia dos sistemas, mostrou que os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico apresentaram alta dependência de ração para a criação destes animais<sup>11</sup>; portanto, todos receberam um (1) ponto (Tabela 24).

A pontuação dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico explica-se pelo fato de que a integração da produção vegetal e a criação de pequenos animais ser um processo recente, em adaptação (não certificado) nos agroecossistemas estudados; entretanto, deve-se salientar que as unidades de produção que adotaram a criação de cabras conseguiram autonomia na alimentação destes animais no prazo de um ano.

<sup>11</sup> As unidades de produção apresentaram autonomia de forrageiras para a alimentação da criação de cabras e coelhos. Desta forma, somente a dependência de alimentos para a criação das galinhas foi considerada para a determinação da carga animal.

**Tabela 24 – Determinação da carga animal (A11)**

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
Importação de ração entre 50 a 80% das necessidades de alimentação	1	1	1	1	1
<b>Valor do indicador</b>	1	1	1	1	1

Observação: valor máximo do indicador: A11 = 5.

A dependência de ração para a criação de galinhas sugere esforços para viabilização de alternativas de produção de vegetais, utilização de subprodutos dos cultivos (restos culturais e plantas espontâneas), criação de minhocas e outros recursos para a alimentação destes animais.

#### 4.1.12 Gestão da superfície forrageira (A12)

As pastagens, capineiras e outras forrageiras são elementos da paisagem agrícola que apresentam um real valor econômico e ecológico.

A gestão da superfície forrageira em certo percentual da superfície agrícola útil (SAU) evita a especialização excessiva dos sistemas de produção; além de apresentar outras vantagens para a conservação da biodiversidade, qualidade da água subterrânea e redução da erosão do solo.

O indicador de gestão da superfície forrageira valoriza os agroecossistemas com áreas de pastagens permanentes ou forrageiras de corte em aproximadamente 30% da superfície agrícola útil, principalmente quando manejadas em rotação e com alternância de uso das forragens para corte e pastoreio direto.

As unidades de estudadas apresentaram pequeno percentual de superfície forrageira (SF menor que 30% da SAU); portanto, os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico obtiveram pontuação mínima igual a zero (0).

O indicador de gestão da superfície forrageira mostrou que os sistemas de produção de olerícolas carecem de área mínima destinada à produção de alimentos para a criação de animais (Tabela 25).

**Tabela 25 – Gestão da superfície forrageira (A12)**

Item	Unidade de produção				
	1	2	3	4	5
Pastagem permanente > 30% da SAU	0	0	0	0	0
Rotação pastagem + capineira	0	0	0	0	0
Silagem	0	0	0	0	0
<b>Valor do indicador</b>	0	0	0	0	0

Observação: valor máximo do indicador: A12 = 3.

#### 4.1.13 Fertilização (A13)

A adubação equilibrada é fundamental para a agricultura sustentável, pois permite a produção sem desperdício e sem poluição.

O balanço aparente de nutrientes é um indicador global de eficiência da fertilização, otimiza o uso racional dos recursos naturais não renováveis e diminui o risco de poluição.

Itinerários técnicos favoráveis ao funcionamento biológico dos solos, o uso de fertilizantes com liberação lenta dos nutrientes, o cultivo em rotação, o consórcio de culturas, os adubos verdes e outras técnicas eficazes de fertilização são fundamentais para o progresso dos sistemas de produção.

O indicador de fertilização do método IDEA foi construído para avaliação do balanço de nutrientes em sistemas de produção convencionais, que utilizam adubos minerais solúveis, principalmente os macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K); sendo que o critério de maior peso é o balanço de nitrogênio industrial.

Geralmente, o nitrogênio industrial é utilizado em excesso, quanto maior a saldo positivo do balanço aparente de N ( $\Delta N = \text{entrada} - \text{saída}$ ), maior é o risco de contaminação do lençol freático. Entretanto, o balanço aparente inferior a  $20 \text{ kg.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  confere o valor máximo para o indicador.

O fósforo e o potássio são nutrientes indispensáveis; mas, quando aplicados em grandes quantidades causam a eutrofização das águas superficiais (poucas culturas exportam mais de  $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ).

As unidades estudadas são sistemas de produção de olerícolas que utilizam tão somente compostos orgânicos. Então, do ponto de vista do uso de nitrogênio industrial e outros adubos sintéticos, não há consumo, podendo ser atribuído o valor máximo de 10 pontos para o indicador.

A forma de cálculo deste indicador necessita de adaptações para a penalização devido ao uso excessivo de nutrientes, principalmente nitrogênio, via fertilizantes orgânicos; mas, isto foge ao escopo deste trabalho. Não obstante, ressalta-se que todas as unidades de estudadas apresentam características de manutenção dos teores de matéria orgânica do solo, devido à constante adição de compostos orgânicos. Segundo Kiel (2008), a forma eficiente de armazenar nitrogênio é na matéria orgânica do solo.

Para cálculo do valor do indicador utilizou-se os seguintes critérios para a modalidade de determinação da sustentabilidade da fertilização (Tabela 26):

**Tabela 26 – Modalidade de determinação da fertilização**

Item	Parâmetros	Pontuação
Balanço aparente do Nitrogênio industrial	- < 20 kg de N.ha <sup>-1</sup>	10
	- entre 20 e 30 kg de N.ha <sup>-1</sup>	8
	- entre 30 e 40 kg de N.ha <sup>-1</sup>	6
	- entre 40 e 50 kg de N.ha <sup>-1</sup>	4
	- entre 50 e 60 kg de N.ha <sup>-1</sup>	2
	- entre 60 e 80 kg de N.ha <sup>-1</sup>	0
	- entre 80 e 100 kg de N.ha <sup>-1</sup>	-2
	- > 100 kg de N.ha <sup>-1</sup>	-4
Culturas fixadoras de Nitrogênio	FBN > 10% SAU	3
Adubação Mineral	P mineral > 40 kg de P.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	-1
	K mineral > 40 kg de K.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	-1
Fertilizantes de liberação lenta	Se utiliza adubos de liberação lenta.	1
Se a fertilização monitorada	Se faz balanço ou análise de solo.	2

O indicador de fertilização mostrou que os sistemas de produção de olerícolas orgânicos atingiram o valor máximo (10) somente porque não utilizam fertilizantes industriais; embora, não tenham pontuado no item referente à fixação biológica de nitrogênio (Tabela 27).

Este indicador, como mencionado, carece de ampla adaptação para o efetivo monitoramento dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico. Não obstante, para a melhoria da sustentabilidade dos sistemas de produção estudados sugere-se o aumento



das áreas cultivadas com leguminosas (Fabáceas), como a ervilha e feijão-de-vagem, além do uso de adubos verdes.

**Tabela 27 – Indicador de fertilização (A13)**

Item	Unidades de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Balanco aparente do nitrogênio mineral	10	10	10	10	10
Culturas fixadoras de N (FBN) > 10% da SAU	0	0	0	0	0
Utiliza fertilizantes de liberação lenta	1	1	1	1	1
Fertilização monitorada	2	2	2	2	2
Total	13	13	13	13	13
<b>Valor do indicador</b>	10	10	10	10	10

Observação: valor máximo do indicador: A13 = 10.

#### 4.1.14 Tratamento de efluentes (A14)

O indicador de tratamento de efluentes valoriza os sistemas que não geram efluentes líquidos ou aqueles que apresentam importantes esforços na administração dos efluentes gerados mediante técnicas que combinam a reciclagem de nutrientes e/ou incorporação nos solos.

Entretanto, são penalizados os sistemas que em qualquer fase da produção ou atividade de transformação (criação, cultivo, colheita, beneficiamento, industrialização) apresentam emissões de efluentes diretas no ambiente.

As unidades de produção estudadas não geram importantes quantidades de efluentes líquidos e fazem a compostagem de resíduos orgânicos; mas, as instalações de compostagem carecem da coleta e aproveitamento do chorume.

O indicador de tratamento de efluentes mostrou que os sistemas de produção de olerícolas orgânicos estudados atingiram o valor igual a nove (9); mas, não pontuaram no item tratamento individual ou coletivo adequado devido ao manejo do chorume produzido (Tabela 28).

**Tabela 28 – Indicador de tratamento de efluentes (A14)**

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Sistema de produção sem efluentes orgânicos líquidos	5	5	5	5	5
Tratamento individual ou coletivo adequado	0	0	0	0	0
Compostagem	2	2	2	2	2
Tratamento, distribuição, incorporação no solo e plantio licenciado	2	2	2	2	2
<b>Valor do indicador</b>	9	9	9	9	9

Observação: valor máximo do indicador: A14 = 10.

#### 4.1.15 Pesticidas e produtos veterinários (A15)

A agricultura sustentável deve eliminar o uso descontrolado de praguicidas que ameaçam a saúde humana (agricultores e consumidores) e os ecossistemas.

O indicador de produtos fitossanitários e veterinários valoriza os sistemas de produção vegetal que buscam o uso zero de agrotóxicos e as criações que não utilizam tratamentos dos

animais com drogas, como os antibióticos, hormônios e anti-helmínticos; porém, observadas as intervenções com drogas obrigatórias de acordo com a legislação vigente.

Os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico utilizam caldas caseiras (sulfocálcica e bordalesa) eventualmente; e, quanto aos tratamentos veterinários das criações são utilizadas vacinas e drogas permitidas. Ademais, nenhum alimento fornecido aos animais contém antibióticos.

O indicador de pesticidas e produtos veterinários mostrou que os sistemas de produção de olerícolas orgânicas atingiram o valor máximo (10) (Tabela 29).

**Tabela 29** – Indicador de uso de pesticidas e produtos veterinários (A15)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Pressão poluente (PP) = Superfície agrícola tratada / SAU < 1	10	10	10	10	10
Tratamento veterinário (TV) = N <sup>o</sup> intervenções/ N <sup>o</sup> animais < 1	3	3	3	3	3
Nenhum alimento com antibiótico	2	2	2	2	2
Total	15	15	15	15	15
<b>Valor do indicador</b>	10	10	10	10	10

Observação: valor máximo do indicador: A15 = 10.

#### 4.1.16 Bem-estar animal (A16)

O bem-estar animal favorece a produção e a saúde, evita o estresse e elimina as intervenções veterinárias não programadas.

A noção de bem-estar animal é complexa, depende das condições de higiene e conforto das instalações; mas, também depende da relação entre o criador e os animais.

Os sistemas de criação devem seguir as normas de densidade ou número de animais por unidade de superfície, oferecendo condições ao bem-estar animal.

O indicador de bem-estar animal penaliza, por um lado, o confinamento permanente dos animais e as instalações fora das normas técnicas; e, por outro lado, sistemas extensivos de baixa produtividade também são penalizados, ambos recebem escore zero (0).

O indicador de bem-estar animal mostrou que a maioria dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico pontuou. Alguns sistemas apresentaram parte das criações totalmente confinadas e foram penalizados; embora, as instalações fossem amplas, com baixa densidade animal e dentro das normas técnicas (Tabela 30).

**Tabela 30** – Indicador de bem-estar animal (A16)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Todas as pastagem com sobreamento, abrigos e bebedouros	1	1	1	1	1
Criação extensiva ou semi-intensiva (semi-confinado)	2	2	2	2	2
Confinamento total (sem pastagem)	0	0	0	-3	-3
Instalações ou práticas fora das normas	0	0	0	0	0
<b>Valor do indicador</b>	3	3	3	0	0

Observação: valor máximo do indicador: A16 = 3.

Para melhoria da sustentabilidade dos sistemas produção de olerícolas orgânicas com criação de animais, os espaços precisam ser adaptados para se evitar o confinamento total dos animais <sup>12</sup>.

#### 4.1.17 Proteção do solo (A17)

Os solos devem ser protegidos contra os riscos de erosão. As queimadas, a mobilização do terreno (aração profunda) e outros fatores expõem os solos às chuvas tornando-os vulneráveis a erosão. As estradas, caminhos, estacionamentos e outras infra-estruturas artificializam e alienam irreversivelmente uma porção importante dos solos.

O indicador de proteção do solo valoriza as técnicas de conservação e o planejamento do espaço físico.

Os agroecossistemas sustentáveis contam com dispositivos de controle da erosão, utilizam técnicas de conservação dos solos (cultivo mínimo, plantio direto, cobertura viva e morta), eliminam as queimadas e têm pequeno percentual de solos alienadas com obras de infra-estrutura.

O indicador de proteção do solo mostrou que todas as unidades estudadas alcançaram o valor máximo de cinco (5) pontos (Tabela 31).

Embora todas as unidades estudadas tenham obtido valor máximo, merecem destaque os sistemas que utilizam o cultivo mínimo em percentual superior a 80% da superfície agrícola útil (sistemas especializados de produção de chuchu: unidades 4 e 5).

Isto sugere que os sistemas de produção de olerícolas diversificados sob manejo orgânico (sistemas 1, 2 e 3) devem atentar para as oportunidades de cultivo mínimo (plantio em cova) de certas olerícolas, como brócolis, repolho, abobrinha e quiabo, favorecendo a proteção dos solos.

**Tabela 31** – Indicador de proteção do solo (A17)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Técnica de cultivo mínimo acima de 80% da área cultivada	0	0	0	3	3
Controle de erosão	2	2	2	2	2
Cobertura viva ou morta	3	3	3	3	3
Solos expostos < 25% da SAU	4	4	4	4	4
Queimadas	0	0	0	0	0
Superfície artificializada superior a 10% da SAU	0	0	0	0	0
Total	9	9	9	12	12
<b>Valor do indicador</b>	5	5	5	5	5

Observação: valor máximo do indicador: A17 = 5.

#### 4.1.18 Gestão dos recursos hídricos (A18)

O uso da água para irrigação representa uma retirada de importante quantidade dos recursos hídricos disponíveis. Em algumas bacias, as captações reduzem sobremaneira a

<sup>12</sup> A integração da produção de olerícolas com pequenos animais é importante para promover interações com efeitos positivos para o bem-estar animal e a produção vegetal, mesmo em pequenas explorações, mediante adaptação do sistema de produção pelos agricultores; por exemplo: pastoreio das galinhas após a colheita das olerícolas; pastoreio das plantas espontâneas do sub-bosque do chuchu.

disponibilidade da água para outros usos (doméstico, animais, pesca, recreação, industrial), tornando a gestão da água conflituosa.

Geralmente, a irrigação intensiva é acompanhada pela intensificação do uso de agroquímicos que impõem aumento da carga ambiental; ademais, a irrigação excessiva aumenta a taxa de mineralização da matéria orgânica e causa danos à biota, diminuindo a fertilidade dos solos.

Os sistemas de produção de olerícolas não podem ser operados sem irrigação. Isto implica no uso racional da água por meio da priorização da irrigação localizada em detrimento do uso de canhões e outros sistemas menos eficientes; além do uso das águas da chuva, drenos e efluentes (tratados).

O indicador de gestão dos recursos hídricos discriminou os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico que utilizam irrigação localizada (em pelo menos 50% da área cultivada), estes atingiram o valor máximo (4), enquanto os sistemas que utilizam principalmente a irrigação por aspersão obtiveram menor pontuação (Tabela 32).

Os sistemas de produção podem melhorar a sustentabilidade por meio do uso de irrigação localizada e utilização de sensores de irrigação que permitem o monitoramento da tensão da água no solo para orientar o manejo da irrigação<sup>13</sup>.

**Tabela 32 – Indicador de gestão dos recursos hídricos – irrigação (A18)**

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Irrigação localizada > 50% da superfície irrigada (SAI)	0	0	0	4	4
Irrigação com canhões < 1/3 da SAI	1	1	1	1	1
Rotação das parcelas irrigadas	1	1	1	1	1
Uso da água de chuva, drenagem ou esgotamento	0	0	0	0	0
Uso de equipamentos para monitoramento da irrigação	0	0	0	0	0
Captação significativa de água não licenciada	0	0	0	0	0
Total	2	2	2	6	6
<b>Valor do indicador</b>	2	2	2	4	4

Observação: valor máximo do indicador: A18 = 4.

#### 4.1.19 Dependência energética (A19)

A redução da dependência energética é um objetivo e, ao mesmo tempo, uma consequência do funcionamento sustentável das explorações agrícolas.

O indicador de dependência energética valoriza os sistemas de produção que utilizam recursos naturais renováveis e economizam recursos naturais não renováveis.

Em geral, os sistemas de produção com itinerários técnicos com baixo nível de insumos industrializados apresentam maior uso de energia das fontes de recursos naturais renováveis, conseqüentemente, menor quantidade de uso dos recursos não renováveis.

O cálculo do indicador de dependência energética do método IDEA, por medida de simplicidade, considera o consumo direto de energia de quatro insumos principais (combustível, síntese industrial de nitrogênio, energia elétrica e gás) expressados em termos de equivalente combustível fóssil (1 ECF = 47 x 10<sup>6</sup> Joules).

Entre as cinco unidades de produção estudadas, para três agroecossistemas o consumo de energia foi, no máximo, equivalente a 80 litros de combustível fóssil por hectare por ano.

<sup>13</sup> A Embrapa desenvolveu um sistema simples e barato conhecido por irrigas.

E, duas unidades de produção apresentaram o consumo de energia equivalente a 600 e 800 litros de combustível por hectare.

O indicador de dependência energética mostrou que os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico variaram entre os extremos, três sistemas atingiram o valor máximo (8), enquanto outros dois sistemas obtiveram pontuação mínima igual a zero (Tabela 33).

**Tabela 33** – Indicador de dependência energética (A19)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	Pontuação				
Equivalente Combustível Fóssil (ECF) < 200 L.ha <sup>-1</sup>	0	0	8	8	8
Secagem solar ou outro dispositivo similar	0	0	0	0	0
Uso de energia eólica, biogás, lenha e outras renováveis	0	0	0	0	0
<b>Valor do indicador</b>	0	0	8	8	8

Observação: valor máximo do indicador: A19 = 8.

Em relação as duas unidades de produção que obtiveram pontuação mínima (zero), uma delas apresenta sistema de irrigação com motores a diesel e a outra unidade de produção estava em fase de implantação de novas áreas de cultivo, onde o consumo de combustível (diesel) foi maior devido às operações de limpeza mecanizada do terreno.

Por outro lado, as unidades de produção que atingiram pontuação máxima (8) apresentaram sistemas de irrigação por gravidade ou utilizam motores elétricos (energia elétrica).

Considerando que a generalização do uso de motores elétricos para irrigação é possível para todos os agroecossistemas (nem sempre é possível a irrigação por gravidade) e que o consumo típico de combustível para mecanização dos sistemas de produção de olerícolas é menor que 200 litros por hectare por ano, então, pode-se afirmar que os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados tendem a apresentar pequena dependência energética de recursos naturais não renováveis; pois, mesmo os casos estudados que não pontuaram, apresentam grande potencial para aumento da sua eficiência energética, simplesmente substituindo o diesel pela energia elétrica na irrigação, aumentando a sustentabilidade.

#### 4.1.20 Qualidade dos produtos (B1)

A qualidade do território é resultado da qualidade da produção e do meio ambiente. A qualidade dos alimentos é reconhecida através de selos de garantia que indicam o engajamento dos agroecossistemas a certo modo de produção; em geral, distinto da maneira convencional de produzir alimentos (agricultura industrial).

O indicador de qualidade dos alimentos valoriza a prática da agricultura orgânica, a certificação do processo e a rastreabilidade dos produtos, principalmente no que se refere à garantia de produtos livres de organismos geneticamente modificados – OGMs e contaminação por agrotóxicos.

O indicador de políticas de qualidade dos produtos, mostrou que os alimentos de todos os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico atingiram o valor máximo (Tabela 34); pois, são sistemas de produção orgânicos certificados (Tabela 34).

As cinco unidades de produção estudadas atingiram pontuação máxima porque são sistemas de produção sob manejo orgânico, certificados e, portanto, livres de OGMs e contaminações por agrotóxico.

**Tabela 34 – Indicador de qualidade dos alimentos produzidos (B1)**

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Agricultura Orgânica	4	4	4	4	4
Certificação do Processo	4	4	4	4	4
Rastreabilidade	4	4	4	4	4
<b>Valor do indicador</b>	12	12	12	12	12

Observação: valor máximo do indicador B1 = 12

Entretanto, conceituada a rastreabilidade como a possibilidade de ocorrer algum tipo de problema com qualquer dos produtos no mercado se poder retornar à unidade de produção que o originou, somente o sistema de produção 1 que pratica a venda direta poderia, a rigor, atender totalmente este requisito. Isto é, considerando fundamental a rastreabilidade total para a cadeia dos produtos orgânicos, além da certificação que garante alimentos livres de OGMs e contaminação por agrotóxicos, apenas a unidade de produção de número um (1) atingiria a pontuação máxima.

#### 4.1.21 Valorização do patrimônio construído e da paisagem (B2)

O patrimônio construído, tradicionalmente edificado, adequado às condições naturais e aos costumes locais, tem um caráter específico que representa em parte a identidade do território. As construções antigas utilizadas e mantidas pelos agricultores, mesmo com certo grau de obsolescência da funcionalidade, são elementos da paisagem que devem ser valorizados.

A avaliação da qualidade do patrimônio construído e da paisagem exige certo esforço para a estimativa do valor do indicador, cujos critérios de pontuação são relativamente subjetivos e pessoais.

O indicador de valorização do patrimônio construído e da paisagem mostrou que as unidades de produção apresentam valores que variaram de 2 a 4 pontos; portanto, nenhum sistema de produção de olerícolas sob manejo orgânico atingiu o valor máximo de sete (7) pontos (Tabela 35).

**Tabela 35 – Indicador de valorização do patrimônio construído e paisagem (B2)**

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Conservação das construções antigas	0	1	1	0	0
Qualidade da arquitetura recente	1	0	0	1	0
Qualidade das estruturas paisagísticas	1	1	1	1	1
Qualidade do ambiente do entorno	2	2	2	1	1
Ordenação paisagística dos cultivos	2	1	2	1	1
<b>Valor do indicador</b>	6	5	6	4	3

Observação: valor máximo do indicador B2 = 7

Entre as cinco unidades estudadas, duas apresentam construções antigas (sistemas 2 e 3), que são casas de colonos e galpões, mas que carecem de manutenção. E, as outras três unidades produtivas estudadas apresentam construções recentes.

Em todas as cinco unidades estudadas, as estruturas paisagísticas (alamedas, cercas vivas e árvores isoladas) e a ordenação das áreas de cultivo são elementos que precisam ser mais valorizados pelos agricultores, para o aumento de interações ecológicas dos sistemas produtivos e embelezamento da paisagem.

A qualidade do ambiente do entorno das unidades de produção, através de uma leitura da paisagem, permitiu distinguir dois grupos: (i) sistemas de produção em região de matas preservadas (unidades 1, 2 e 3) ; e, (ii) sistemas de produção situados em regiões alteradas pelo desmatamento (unidades 4 e 5).

Os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados contribuem positivamente para a conservação da paisagem.

#### 4.1.22 Tratamento de resíduos não orgânicos (B3)

As atividades agrícolas geram certas quantidades de resíduos não orgânicos com problemas de descarte (embalagens, pneus, baterias e outros).

O indicador de tratamento de resíduos não orgânicos valoriza a reciclagem, reuso e a coleta seletiva; mas, penaliza quando os resíduos são queimados ou enterrados em locais não apropriados.

Nas cinco unidades estudadas, os resíduos não orgânicos sofrem triagem, tendo alguns tipos de embalagens plásticas reutilizados, comumente para o armazenamento de sementes.

Os resíduos não reutilizados são separados e coletados pelo serviço de limpeza público; embora, o serviço público não tenha a coleta seletiva.

O indicador de tratamento de resíduos não orgânicos mostrou que os valores variaram de dois (2) a quatro (4) pontos (Tabela 36).

**Tabela 36** – Indicador de tratamento de resíduos não orgânicos (B3)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Reuso e valorização na propriedade	0	0	0	2	0
Triagem e/ou eliminação por coleta seletiva	2	2	2	2	2
Queima e enterrio em local não apropriado	0	0	0	0	0
<b>Valor do indicador</b>	2	2	2	4	2

Observação: valor máximo do indicador B3 = 6

Em uma unidade de produção estudada, o agricultor apresenta uma maior preocupação com o reuso e a valorização de resíduos não orgânicos na propriedade; além do observado nos demais estabelecimentos, justificando a maior pontuação (sistema 4).

#### 4.1.23 Acessibilidade (B4)

O espaço rural é um bem coletivo, cuja acessibilidade facilita as relações do campo com a cidade.

A manutenção das estradas e as áreas cercadas mas com dispositivos de abertura (e fechamento) permitem o compartilhamento do espaço rural, respeitado o funcionamento normal das unidades de produção.

O indicador de acessibilidade do espaço mostrou que as unidades estudadas atingiram o valor máximo de quatro (4) pontos (Tabela 37).

**Tabela 37** – Indicador de acessibilidade do espaço rural (B4)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Dispositivos de abertura e fechamento para acesso ao público	2	2	2	2	2
Manutenção das estradas e caminhos	2	2	2	2	2
Circulação facilitada	0	2	2	2	2
Total	4	6	6	6	6
<b>Valor do indicador</b>	4	4	4	4	4

Observação: valor máximo do indicador B4 = 4

#### 4.1.24 Participação social (B5)

O dinamismo e a vitalidade dos territórios dependem da riqueza e diversidade das organizações sociais.

A participação dos agricultores e sua família em associações e outras instituições (formais e informais) facilita o diálogo deles com outros atores da sociedade, permite que sejam conhecidos seus pontos de vista e os valores que defendem. É fundamental a contribuição dos agricultores para o aumento da densidade das relações humanas comprometidas com a sustentabilidade do território.

As unidades estudadas são sistemas orgânicos certificados; portanto, os agricultores são sócios da Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO). E, todos os agricultores caracterizam-se por residirem no estabelecimento ou próximo dele.

O indicador de participação social mostrou alta variação dos valores alcançados; apenas um sistema de produção atingiu o valor máximo de nove (9) pontos (Tabela 38).

**Tabela 38** – Indicador de participação social (B5)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Participação em associações	2	4	4	6	2
Responsabilidade em instituição associativa	0	0	0	2	0
Moradia no estabelecimento ou próximo	2	2	2	2	2
Total	4	6	6	10	4
<b>Valor do indicador</b>	4	6	6	9	4

Observação: valor máximo do indicador B5 = 9

A unidade estudada que alcançou o valor máximo (9) para o indicador de participação foi porque o agricultor participa da ABIO e Associação dos Produtores Orgânicos do Vale do Rio Preto (Horta Orgânica), sendo que nesta última associação o agricultor assume também responsabilidades junto ao conselho diretor e, ainda, outro membro da família participa da igreja local.

#### 4.1.25 Cadeias de comercialização (B6)

As cadeias curtas de comercialização colocam os produtores e consumidores em relação de proximidade, fazendo com que as flutuações dos preços dos alimentos dependam menos do mercado e, em geral, os agricultores responsabilizam-se diretamente pela qualidade dos alimentos fornecidos.



O indicador da cadeia de comercialização valoriza a venda direta ou circuitos com um intermediário, no máximo; portanto, havendo dois intermediários entre o produtor e o consumidor final, penaliza-se a cadeia longa de comercialização.

O valor do indicador é obtido pelo percentual do produto bruto comercializado em cadeia curta (Tabela 39).

**Tabela 39** – Modalidade de determinação do indicador de cadeia de comercialização

<b>Critério</b>	<b>Pontuação</b>
• Percentual do produto bruto em cadeia curta:	
- Vendas em cadeia curta < 5% do produto bruto	0
- entre 5 e 10%	1
- entre 10 e 15%	2
- entre 15 e 20%	3
- entre 20 e 25% da renda bruta	4
- Vendas em cadeia curta > 25% do produto bruto	5

O valor máximo do indicador é atingido quando as vendas em cadeias curtas de comercialização representam pelo menos 25% do produto bruto; em outras palavras, o valor máximo do indicador é atingido mesmo quando aproximadamente 75% do produto bruto são regularmente obtidos através de cadeias longas (com mais de um intermediário entre o produtor e o consumidor final).

A maioria das unidades estudadas escoou seus produtos em cadeias longas, através de empresas especializadas de comercialização de produtos orgânicos, que por sua vez revendem para outros comerciantes (feirantes, restaurantes, lojas e supermercados).

O indicador de cadeia de comercialização mostrou que apenas uma unidade estudada atingiu a pontuação máxima de cinco (5) pontos (Tabela 40).

**Tabela 40** – Indicador de cadeias curtas de comercialização (B6)

<b>Item</b>	<b>Unidade de Produção</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>Pontuação</b>				
Vendas na cadeia curta entre 5 e 10% do produto bruto	0	1	1	1	1
Vendas na cadeia curta > 25% do produto bruto	5	0	0	0	0
<b>Valor do indicador</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Observação: valor máximo do indicador B6 = 5

A unidade de produção que atingiu a pontuação máxima, as olerícolas são comercializadas em cadeias curtas, com vendas de cestas domiciliares distribuídas diretamente ao consumidor final e, outra parte da produção é vendida para hotéis, restaurantes, lojas e supermercados; portanto, os produtos chegam ao consumidor final através de apenas um intermediário, no máximo.

Para a melhoria da sustentabilidade dos sistemas de produção estudados é importante que esforços sejam empreendidos para encurtamento da cadeia de produção e comercialização, pelo menos 25% da produção com vendas diretas (feiras, cestas domiciliares, restaurantes, lojas, supermercados).

Oportunamente, a comercialização através da Horta Orgânica fortalece o associativismo e a aumenta a sustentabilidade do território<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> A Horta Orgânica é uma marca que pertence aos próprios agricultores; desta forma, a associação é um espaço de organização dos produtores, portanto, não pode ser considerado um intermediário.

#### 4.1.26 Serviços e pluriatividade (B7)

Normalmente, os agricultores são requisitados a prestarem numerosos serviços para a sociedade, inclusive a oferecerem serviços não-agrícolas, que representam uma renda complementar para o agricultor e, ao mesmo tempo, contribui para o desenvolvimento local sustentável.

A pluriatividade é um fenômeno das famílias agrícolas, onde alguns membros optam pelo exercício de diferentes atividades não-agrícolas; mas, mantêm a moradia no campo, as relações com a produção agrícola e a vida no espaço rural (Schneider, 2003).

O indicador de serviços e pluriatividade valoriza as atividades não-agrícolas desenvolvidas pelos agricultores; por exemplo: serviços de experimentação agrícola em conjunto com instituições de pesquisa, agroturismo, fazenda pedagógica e o comércio em feiras.

As unidades estudadas são sistemas de produção abertos à visitação de estudantes para aulas práticas e, também, contribuem com as atividades de experimentação (os agricultores disponibilizam áreas e outros apoios para trabalhos científicos em olericultura, produção de pequenos animais e introdução de adubos verdes).

O indicador de participação social mostrou que a maioria dos sistemas de produção sob manejo orgânico atingiu a pontuação máxima (Tabela 41).

**Tabela 41** – Indicador de serviços e pluriatividade (B7)

Item	Pontuação da unidade de referência				
	1	2	3	4	5
Fazenda Pedagógica (recebe estudantes)	2	2	2	2	2
Experimentação Agrícola (realiza atividades experimentais)	2	2	2	2	2
Atividade comercial (feiras e outras vendas diretas)	2	2	2	2	0
Prestação de serviços de mão-de-obra não agrícola	0	2	0	2	0
Total	6	8	6	8	4
<b>Valor do indicador</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>

Observação: valor máximo do indicador B7 = 5

As unidades que atingiram pontuação máxima apresentam membros da família que desenvolvem atividades não-agrícolas em tempo parcial, como a comercialização de produtos (em feiras, restaurantes, hotéis), revenda de roupas e prestação de serviços de mão-de-obra na construção civil; porém, mantêm a moradia e a ligação com a atividade agrícola.

#### 4.1.27 Geração de empregos (B8)

A agricultura sustentável contribui para a geração de empregos de qualidade, principalmente com o aumento de oportunidades para os jovens.

A contribuição das explorações agrícolas para a geração de empregos foi aferida pela relação dos recursos humanos e a superfície agrícola utilizados (número de empregos por hectare por ano).

Em geral, a horticultura gera de três (3) a seis (6) empregos diretos por hectare, com o uso intensivo da mão-de-obra familiar (EMBRAPA, 2000; Assis, 2002; Guerra *et al.*, 2007).

Para determinação do indicador de geração de empregos foram considerados os critérios apresentados na Tabela 42.

Então, o cálculo do número de empregos considerou que uma unidade de trabalho humano (UTH) corresponde a 300 dias trabalhados por ano, com jornada média de 8 horas por dia; e, ainda, a UTH foi ponderada conforme a idade do trabalhador (Tabela 43).

**Tabela 42** – Modalidade de determinação da geração de empregos na olericultura

Número de empregos por hectare	Pontuação
< 1	0
entre 1 e 2	1
entre 2 e 3	3
entre 3 e 4	5
entre 4 e 5	7
entre 5 e 6	9
> 6	11

**Tabela 43** – Critérios para ponderação da determinação das unidades de trabalho de acordo com a idade do trabalhador

Unidades de Trabalho Humano (UTH)	Idade do trabalhador
0	< 7
0,50	7 a 13
0,65	14 a 17
1,00	18 a 59
0,75	> 60

Fonte: Modificado de Lima *et. al.*, 2001

As unidades estudadas caracterizam-se por serem sistemas de produção onde os agricultores são casais com idades entre 18 e 59 anos, com número de filhos que participam das atividades agrícolas em número variando de zero (0) a três (3). E, as unidades de produção que contratam mão-de-obra, permanente ou temporária, apresentaram variações no uso da mão-de-obra de 0,17 a 2,0 UTHs. (Tabela 44).

**Tabela 44** – Unidades de trabalho humano dos sistemas de produção

Item	Sistema de Produção				
	1	2	3	4	5
Mão-de-obra familiar	5,33 <sup>(1)</sup>	2,65	1	3,80	2,65
Mão-de-obra contratada	2	0,17	1	0	0
Área da exploração comercial	0,7	0,7	0,8	0,3	0,4
<b>UTH por hectare por ano</b>	<b>7,62</b>	<b>4,02</b>	<b>2,50</b>	<b>12,67</b>	<b>6,63</b>

<sup>(1)</sup> A unidade de produção e comercialização (sistema 1) foi considerada a mão-de-obra familiar dos agricultores somada a mão-de-obra de parceiros do empreendimento.

Os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados contribuem com pelo menos dois e meio (2,5) empregos de qualidade por hectare por ano; portanto, bastante próximo a 3 empregos diretos.

O indicador de geração de empregos mostrou que os valores para os sistemas de produção sob manejo orgânico variou de cinco (5) até a pontuação máxima de 11 pontos (Tabela 45).

Três unidades de produção atingiram pontuação máxima (11). Estas distinguem-se por serem: sistema produção e comercialização (unidade de produção 1) que utiliza mão-de-obra familiar, mão-de-obra de parceiros e contratação de mão-de-obra permanente, equivalentes a 7,62UTH.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>; e, as outras duas unidades de produção que obtiveram pontuação máxima ocupam um maior número de membros da família diretamente em diversas atividades agrícolas, com destaque para a unidade de produção número 4, que apresentou 12,6 UTH.ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, estes valores são superiores a 6 empregos diretos.

**Tabela 45** – Indicador de geração de empregos (B8)

Número de UTH. ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	Pontuação				
Entre 3 e 4 UTHs	0	0	5	0	0
entre 4 e 5 UTHs	0	7	7	0	0
entre 5 e 6 UTHs	0	0	0	0	0
> 6 UTHs	11	0	0	11	11
<b>Valor do indicador</b>	11	7	7	11	11

Observação: valor máximo do indicador B8 = 11

#### 4.1.28 Trabalho coletivo (B9)

A efetiva participação dos agricultores em atividades coletivas, nas associações, cooperativas e outras organizações formais ou informais, contribui para a formação de importantes plataformas para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis.

Geralmente, o trabalho coletivo em cooperativas permite economia de escala através de compras e vendas coletivas, engendrando outras eficiências sinérgicas; mas, sobretudo, fortalece as relações de solidariedade entre os agricultores pertencentes ao território.

O indicador de trabalho coletivo valoriza também o uso de serviços e equipamentos comunitários, como bancos de trabalho (troca de serviços), além da participação em trabalhos em redes e a efetiva atuação dos agricultores nos seus grupos de classe.

O trabalho comunitário em mutirões e trocas de serviços são características bastante comuns entre os produtores familiares; também, o uso de equipamentos, máquinas e instalações prediais comunitárias (micro-tratores, roçadeiras, galpões).

Todas as unidades estudadas são sistemas de produção orgânicos, cuja certificação caracteriza um trabalho desenvolvido em rede. Ademais, os agricultores participam da rede local de criação experimental de pequenos animais (cabras e galinhas) que visa ao fornecimento futuro de produtos orgânicos certificados, como leite, carne e ovos.

Desta forma, o indicador de trabalho coletivo mostrou que a maioria dos agroecossistemas estudados atingiram pontuação máxima (Tabela 46).

**Tabela 46** – Indicador de trabalho coletivo (B9)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	Pontuação				
Uso de serviços e equipamentos comunitários	3	3	3	3	3
Banco de trabalho ou trabalho comunitário (> 10 dias por ano)	0	3	3	3	3
Participação efetiva em agrupamento de classe	0	0	0	2	0
Trabalho em rede	5	5	5	5	5
Total	8	11	11	13	11
<b>Valor do indicador</b>	8	9	9	9	9

Observação: valor máximo do indicador B9 = 9.

Os resultados mostram que os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados desenvolvem trabalhos coletivos relevantes para a sustentabilidade do território.

A participação efetiva dos produtores assumindo responsabilidades junto às suas associações de classe é uma característica pessoal. Entre as cinco famílias estudadas; um agricultor tem participação mais marcante na associação Horta Orgânica.

Ainda, é importante destacar que a unidade de produção que não atingiu pontuação máxima, distinguiu-se das demais, trata-se de um empreendimento com característica familiar-empresarial, onde o trabalho da família é complementado pela contratação de mão-de-obra em caráter permanente.

#### 4.1.29 Perenidade presumida (B10)

A gestão do espaço rural deve ser mantida pela atividade de numerosos agricultores.

A perenidade das explorações agrícolas envolve questões de ordem econômica que influenciam a reprodução do estabelecimento; mas, sobretudo, depende das estratégias de sucessão traçadas pelas famílias de agricultores.

O indicador de perenidade presumida é obtido através do testemunho do próprio agricultor (Vilan, 2003).

Em geral, o indicador de perenidade está associado ao tempo de existência da atividade agrícola, a idade e inserção social do agricultor, idade e interesse dos filhos em ampliar o patrimônio familiar, além de questões ligadas à propriedade da terra, entre outros fatores (Lamarche, 1993 e 1998; Jesus, 2003; Vieira, 2005; Cuvillier, 2006).

O valor do indicador de perenidade presumida dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico foi, portanto, obtido através do testemunho do próprio agricultor, considerando: a idade dos agricultores, tempo de atividade, número e idade dos filhos, participação dos jovens nas atividades agrícolas, domínio da terra, entre outros fatores subjetivos e particulares de cada família.

As cinco unidades de produção estudadas são constituídas por famílias de agricultores experientes, com mais de 10 anos de atividade agrícola, idades variando de 30 a 50 anos, com pelo menos dois filhos e os jovens têm participado das atividades produtivas de acordo com as suas idades e interesse.

O indicador de perenidade presumida mostrou que todas as explorações agrícolas estudadas devem ser mantidas em operação (ou não correm o risco presumido de desaparecimento) nos próximos 10 anos (Tabela 47).

**Tabela 47 – Indicador de perenidade presumida (B10)**

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Reprodução quase certa daqui a 10 anos	0	0	0	3	3
Reprodução provável	2	2	2	0	0
<b>Valor do indicador</b>	2	2	2	3	3

Observação: valor máximo do indicador B10 = 3

Entre as cinco unidades estudadas, duas famílias consideraram que suas estratégias de sucessão (quase) certamente serão capazes de reproduzir a exploração agrícola; e, as outras três famílias consideraram a reprodução provável, nos próximos 10 anos.

A disponibilidade de terras sob domínio da família do produtor foi o fator limitante que diferenciou a perenidade presumida entre os agroecossistemas; contudo, mesmo os agricultores não proprietários têm perspectivas de obterem recursos e meios suficientes para aquisição de terras, em longo prazo.

As unidades de produção que alcançaram a pontuação máxima (3) foram as famílias de agricultores proprietários da terra.

#### 4.1.30 Contribuição ao equilíbrio alimentar (B11)

A autonomia do território é um dos principais fundamentos da agricultura sustentável.

A importação de insumos e produtos reforça uma dependência local de outras zonas de produção, acentua a especialização das explorações agrícolas e torna a produção local excessivamente dependente do mercado.

Ou seja, os sistemas de produção sustentáveis são viáveis com o mínimo de contribuições externas, compradas no mercado, fora do território.

O indicador de contribuição ao equilíbrio alimentar e gestão sustentável dos recursos naturais é avaliado pela taxa de importação de superfície (TIS)<sup>15</sup>. Isto é, por medida de simplificação, um (1) hectare de superfície importada é equivalente a quatro (4) toneladas de alimentos comprados para a criação de animais domésticos (Vilain, 2003).

As unidades estudadas são sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico que utilizam composto preparado a partir de resíduos da criação de aves (cama de aviário, resíduos de matadouro), que são elaborados na propriedade ou adquiridos no território.

A criação de pequenos animais (cabras e galinhas) foi introduzida nos sistemas de produção estudados, com os objetivos de aumento de renda (total e monetária) e a redução da dependência de esterco comprado.

Nas unidades estudadas, a criação de cabras (leite) foi adaptada aos sistemas de produção, cuja alimentação dos animais (capins e restos culturais) é produzida totalmente nos estabelecimentos. Entretanto, a criação de galinhas caipiras (ovos e aves) ainda depende da compra de ração para alimentação dos animais.

Em média, as unidades de produção possuem criações de galinhas com 25 animais (machos e fêmeas), com consumo de 60 gramas de ração por dia; portanto, os sistemas dependem da importação de 547,5 quilos de ração por ano<sup>16</sup>. Sendo assim, as unidades de produção dependem de uma superfície agrícola importada (SAI) equivalente a 0,125 hectares [SAI (ha) = 4000 (kg de alimento) / 547,5 (kg de ração)].

O valor do indicador de contribuição ao equilíbrio alimentar e gestão sustentável, obtido pela taxa de importação de superfície (razão da superfície agrícola importada: SAI = 0,125 ha) e superfície agrícola utilizada (SAU) das unidades de produção variou de 0,3 a 0,8 ha, correspondente a taxa de 15 até 40% (Tabela 48).

**Tabela 48** – Indicador de contribuição ao equilíbrio alimentar (B11)

Item	Unidade de produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Ração (SAI/SAU) entre 10 e 20	8	8	8	0	0
Ração (SAI/SAU) entre 20 e 30	0	0	0	0	6
Ração (SAI/SAU) entre 30 e 40	0	0	0	4	0
<b>Valor do indicador</b>	8	8	8	4	6

Observação: valor máximo do indicador B11 = 10

Em geral, para melhoria da sustentabilidade das unidades estudadas, os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico precisam de melhorias na adaptação da criação de galinhas, de tal forma que possibilite uma redução da dependência de ração para a alimentação dos animais.

<sup>15</sup> TIS = SAI/SAU); onde SAI: razão da superfície agrícola importada, e, SAU: superfície agrícola utilizada.

<sup>16</sup> A ração é comprada no mercado local; mas, os ingredientes são importados de outras regiões.

#### 4.1.31 Formação e capacitação (B12)

O processo de formação depende da troca de informações e diálogo entre os agricultores e os outros atores da sociedade.

O indicador de formação valoriza a participação dos agricultores em eventos formais (cursos de capacitação) e informais (acolhida de estudantes e pesquisadores), pois estes espaços facilitam a troca de informações e o diálogo que permitem melhor entendimento sobre a realidade dos agroecossistemas e a construção do conhecimento técnico-científico sobre o sustentabilidade.

Os agricultores das unidades de produção estudadas participam regularmente de eventos de formação (por mais de cinco dias por ano), acolhem grupos de profissionais e estudantes; embora, tenham algumas dificuldades organizacionais para receberem estagiários.

Desta forma, as unidades de produção obtiveram seis pontos para o indicador de formação (Tabela 49).

**Tabela 49** – Indicador de formação (B12)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Número de dias de formação (> 5 dias)	5	5	5	5	5
Acolhida de estagiários (> 10 dias por ano)	0	0	0	0	0
Acolhida de grupos profissionais e estudantes	1	1	1	1	1
<b>Valor do indicador</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

Observação: valor máximo do indicador B12 = 7.

Para melhoria da formação dos agricultores e agentes de desenvolvimento rural são precisos esforços para organizar e criar condições para o recebimento de estagiários, dotando os estabelecimentos de infra-estrutura adequada para o alojamento e o estabelecimento de programas regulares de capacitação, principalmente através da associação dos produtores (Horta Orgânica).

#### 4.1.32 Intensidade do trabalho (B13)

Normalmente, os sistemas de produção agrícolas estão sujeitos a picos de trabalho, que podem ser verificados pelo calendário de trabalho agrícola.

Em certos casos, a atividade agrícola impõe um estado crônico de sobrecarga de trabalho, que é sentido pelos agricultores como um período de sobrecarga (quase insuportável), impactando negativamente a qualidade de vida do produtor.

O valor do indicador de intensidade de trabalho é estimado pelo número de semanas que o produtor se sente sobrecarregado; quanto maior o número de semanas com sobrecarga de trabalho, menor a sustentabilidade do agroecossistema.

Os agricultores informaram que os picos de trabalho acontecem, sazonalmente; mas, nenhum deles se sente especialmente sobrecarregado em nenhuma semana do ano; eventualmente, recorrem a troca de serviços ou contratação de mão-de-obra temporária (Tabela 50).

**Tabela 50** – Indicador de intensidade de trabalho (B13)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	Pontuação				
Número de semanas que se sentem sobrecarregados	0	0	0	0	0
<b>Valor do indicador</b>	7	7	7	7	7

Observação: valor máximo do indicador B13 = 7.

#### 4.1.33 Qualidade de vida (B14)

A qualidade de vida é resultado de interações complexas entre a esfera privada e profissional do agricultor e sua família.

O valor do indicador de qualidade de vida é obtido pela auto-avaliação do agricultor; embora, a quantificação seja realizada de forma simples, os critérios individualizados por agricultor compensam extensivamente a subjetividade da avaliação.

O valor do indicador foi baseado na reflexão do agricultor sobre a sua qualidade de vida, quantificada a esfera pessoal e profissional, numa escala de zero a seis (péssima = 0; ruim = 1; regular = 2; boa = 3; muito boa = 4; ótima = 5; excelente = 6). Assim, obteve-se uma média dos pontos da qualidade de vida pessoal e profissional, que foi arredonda para a estimativa do valor do indicador (Tabela 51).

**Tabela 51** – Indicador de qualidade de vida (B14)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	Pontuação				
Qualidade de vida pessoal	5	5	5	5	4
Qualidade de vida profissional	3	3	3	4	4
Média da qualidade de vida pessoal e profissional	4	4	4	4,5	4
<b>Valor do indicador</b>	4	4	4	5	4

Observação: valor máximo do indicador B14 = 6.

#### 4.1.34 Isolamento (B15)

O sentimento de isolamento (ou, por outro lado, sentimento de inclusão) depende de diversos fatores, como o isolamento geográfico, social e cultural. O sentimento de isolamento visa a expressar a natureza e a densidade das relações dos agricultores com os seus vizinhos e outros atores sociais.

A escala de sentimento de isolamento considerou o agricultor que se sente: (i) muito isolado = 0 ponto; (ii) mais ou menos isolado = 1 ponto; (iii) incluído, mas com alguma restrição = 2; e, (iv) totalmente incluído = 3 pontos. Então, obteve-se uma média das avaliações dos agricultores considerando o sentimento de isolamento em função das variáveis geográfica, social e cultural.

A maioria dos agricultores sente-se incluído na sociedade local e não possuem sentimento de isolamento geográfico, social e cultural; exceto um agricultor sente o isolamento cultural devido ao analfabetismo (Tabela 52).

Em geral, os agricultores não se sentem isolados; mas, nenhum deles se definiu como totalmente incluído no que se refere à dimensão cultural, principalmente devido às dificuldades de obterem capacitação e computadores que os auxiliem na gestão da



informação; deduz que a inclusão digital é uma questão a ser trabalhada com os agricultores, para a melhoria da gestão e sustentabilidade das explorações agrícolas estudadas.

**Tabela 52** – Indicador de isolamento (B15)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	Pontuação				
Isolamento geográfico	3	3	3	3	3
Isolamento social	3	3	3	3	3
Isolamento cultural	2	2	1	2	2
Média	2,7	2,7	2,3	2,7	2,7
<b>Valor do indicador</b>	3	3	2	3	3

Observação: valor máximo do indicador B15 = 3.

#### 4.1.35 Acolhida, higiene e segurança (B16)

A acolhida, higiene e segurança são fatores importantes para organização eficiente do trabalho e a qualidade de vida dos trabalhadores.

Os sistemas de produção que contratam mão-de-obra permanente ou sazonal, a qualidade da acolhida (transporte, alimentação), hospedagem (alojamento, banheiros, refeitório) e segurança das instalações (localização, organização) são fatores que, além de favorecem a estabilidade da mão-de-obra, influenciam no resultado econômico das explorações agrícolas.

O indicador de acolhida, higiene e segurança mostrou que a maioria das unidades de referência atingiu pontuação máxima (Tabela 53).

As unidades de produção que obtiveram pontuação máxima em função das condições oferecidas aos trabalhadores serem as mesmas disponíveis para o agricultor e sua família, ou seja, são as melhores possíveis.

**Tabela 53** – Indicador de acolhida, higiene e segurança (B16)

Item	Unidade de Produção				
	1	2	3	4	5
	Pontuação				
Qualidade da acolhida da mão-de-obra	1	2	2	2	2
Segurança das instalações em geral	2	2	2	2	2
Instalações produtivas adequadas	1	1	1	1	1
Local de estocagem de agrotóxicos apropriado	1	1	1	1	1
<b>Valor do indicador</b>	5	6	6	6	6

Observação: valor máximo do indicador B16 = 6.

O sistema de produção número 1 foi penalizado em virtude de se esperar maiores exigências de acolhida dos trabalhadores permanentes em empreendimento com caráter familiar-empresarial; então, para melhoria da sustentabilidade deste estabelecimento, as obras de infra-estrutura (vestiários, banheiros e local de alimentação), em fase de implantação, deverão oferecer melhores condições para os trabalhadores.

#### 4.1.36 Viabilidade econômica (C1)

A viabilidade econômica é uma condição elementar da sustentabilidade das explorações agrícolas.

O indicador de viabilidade econômica utiliza as ferramentas clássicas das avaliações financeiras, considerando os diversos fatores ligados às receitas e despesas dos sistemas de produção (renda bruta, subsídios, compra de insumos, depreciações, pagamento de salários, impostos).

O valor do indicador de viabilidade econômica foi calculado através da remuneração da mão-de-obra familiar; ou seja, o cálculo da renda agrícola monetária familiar (RAF) considerou o valor bruto da produção (receita com as vendas) deduzido das despesas (insumos, salários, depreciações e outros gastos).

Para fins de comparações entre os sistemas de produção, a renda monetária anual foi calculada por hectare (R\$. ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) e, também, em termos de unidades de trabalho familiar: (R\$/ UTF ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>)<sup>17</sup>.

O valor do indicador de viabilidade econômica foi expressado em termos de salários mínimos<sup>18</sup>, considerando que a renda agrícola *per capita* deve ser maior que um salário mínimo, para garantir certo grau de sustentabilidade (Tabela 54).

**Tabela 54** – Modalidade de determinação da viabilidade econômica

Modalidade de determinação	
Renda agrícola monetária em salários mínimos por trabalhador ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Pontuação
- < 1,0 SMA	0
- de 1,0 a 1,2 SMA	1
- de 1,2 a 1,4 SMA	2
- de 1,4 a 1,6 SMA	5
- de 1,6 a 1,8 SMA	8
- de 1,8 a 2,0 SMA	10
- de 2,0 a 2,2 SMA	12
- de 2,2 a 2,4 SMA	14
- de 2,4 a 2,6 SMA	16
- de 2,6 a 2,8 SMA	18
- de 2,8 a 3,0 SMA	19
- Se > 3,0 SMA	20

Observação: valor máximo do indicador C1 = 20.

Desta forma, o indicador de viabilidade econômica mostrou que a maior renda monetária foi alcançada pelo sistema de produção e comercialização, com contratação de mão-de-obra e com vendas diretas (unidade de produção número 1). A outra unidade de produção que pontuou, também contrata mão-de-obra permanente; mas, as vendas são em cadeia longa de comercialização (sistema 3). As demais unidades de produção (2, 4 e 5), que não pontuaram, empregam um maior número de mão-de-obra familiar e, também, as vendas são feitas por intermediários, em cadeias longas de comercialização (Tabela 55).

A renda agrícola monetária explica parcialmente a viabilidade econômica das unidades de produção estudadas, sendo igualmente importante considerar o equivalente valor

<sup>17</sup> As unidades de trabalho familiar (UTF) foram calculadas de acordo com os critérios informados no indicador de geração de empregos (B8).

<sup>18</sup> No Estado do Rio de Janeiro, de acordo com o Lei Nº 5.168 de 29 de dezembro de 2007, o piso salarial para os trabalhadores agropecuários e florestais era de R\$ 447,25 (quatrocentos e quarenta e sete reais e vinte e cinco centavos), vigente em 2008.

monetário do auto-consumo e outras rendas não-agrícolas, que não foram contabilizadas; pois, de fato, todos os agroecossistemas estudados têm permitido a sobrevivência das famílias no campo, nos últimos 10 anos.

Segundo a FAO/INCRA (2000), a renda monetária agrícola representa aproximadamente 65% da renda total dos estabelecimentos familiares no Brasil; e, para a região Sudeste, a renda monetária é aproximadamente 70% da renda total.

**Tabela 55-** Indicador de viabilidade econômica (C1)

Item		Unidades de Produção				
		1	2	3	4	5
Receita Bruta	(R\$.ano <sup>-1</sup> )	77.038,90	10.764,01	20.446,97	6.772,11	7.503,84
Despesas	(R\$.ano <sup>-1</sup> )	48.409,60	5.764,41	12.022,18	3.323,55	3.883,92
Superfície Agrícola	(hectares)	0,7	0,7	0,8	0,3	0,4
Renda Agrícola	(R\$/ha.ano <sup>-1</sup> )	40.899,00	5.764,41	10.530,99	11.495,19	9.049,79
Nº trabalhadores	(UTF)	2,83	2,65	1,00	3,8	2,65
Remuneração	(R\$/UTF ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	14.434,94	2.695,20	10.530,99	3.025,05	3.415,02
Salários mínimos	(SM/UTF)	2,69	0,50	1,96	0,56	0,65
<b>Valor do Indicador</b>		18	0	10	0	0

Observação: valor máximo do indicador C1 = 20.

#### 4.1.37 Taxa de especialização econômica (C2)

Em geral, as unidades de produção sustentáveis são diversificadas, tanto no que se refere aos tipos de produtos, quanto ao número de clientes. Isto torna os sistemas de produção mais independentes e menos vulneráveis, resistindo às adversidades (climáticas, sanitárias, econômicas).

Por outro lado, os sistemas de produção que associam monoculturas e comercialização através de um só comprador, acumulam todos os fatores de risco; tais como, os sistemas industriais de criação aves (sistema de criação integrada, agricultura-industrial) que apresentam excessiva dependência técnica, financeira e gerencial.

Para a avaliação do indicador de especialização econômica foram considerados a diversificação da renda por produto e número de clientes; além disso, foram valorizadas as vendas diretas, em cadeias curtas de comercialização.

Primeiramente, para determinação do valor da taxa de especialização econômica, os sistemas de produção de olerícolas foram classificados quanto ao grau de especialização, considerando três grupos principais de hortaliças, de acordo com Filgueira (2008): herbáceas, tuberosas e frutos.

Em seguimento, de acordo com Vilain (2003), considerou-se que o produto principal deve ser responsável por no máximo 80% do valor do produto bruto da produção; e, também, que o cliente principal deve representar no máximo 50% das trocas. Ainda, o valor da taxa especialização econômica considerou uma pontuação das venda diretas de produtos, em cadeias curtas de comercialização<sup>19</sup>.

Assim, a taxa de especialização mostrou que o sistema de produção e comercialização (unidade de produção número 1), com vendas diretas de produtos bastante diversificados, destacou-se das demais unidades estudadas (Tabela 56).

Para melhoria da sustentabilidade dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados sugerem-se o equilíbrio da oferta de hortaliças herbáceas, tuberosas e frutos, maior número de clientes e o encurtamento das cadeias de comercialização.

<sup>19</sup> Vide Tabela 6.

**Tabela 56-** Indicador da taxa de especialização econômica (C2)

Item	Unidades de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Produto principal < 80% do valor do produto bruto	2	2	2	0	0
Cliente principal entre 25 e 50% do produto bruto	0	0	0	2	2
Cliente principal < 25% do produto bruto	4	0	0	0	0
Vários produtos em cadeias curtas de comercialização	2	0	0	0	0
<b>Valor do Indicador</b>	8	2	2	2	2

Observação: valor máximo do indicador C2 = 10.

#### 4.1.38 Autonomia financeira (C3)

O indicador de autonomia financeira<sup>20</sup> dos sistemas de produção é avaliado pela taxa de dependência de empréstimos contraídos em relação ao valor produto bruto da produção, através da fórmula: Dependência financeira (DF) =  $\sum$  anualidades / Produto Bruto.

As unidades estudadas são sistemas de produção que não têm anualidades referentes a empréstimos que foram contraídos; portanto, apresentam alta autonomia financeira (Tabela 57).

**Tabela 57-** Indicador de autonomia financeira (C3)

Item	Unidades de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Dependência financeira < 20% do produto bruto	15	15	15	15	15
<b>Valor do Indicador</b>	15	15	15	15	15

Observação: valor máximo do indicador C3 = 15.

#### 4.1.39 Sensibilidade às ajudas financeiras (C4)

Os agroecossistemas dependentes de políticas públicas de subsídios ou ajudas financeiras tornam-se menos estáveis, perdendo sustentabilidade, em longo prazo.

A sensibilidade das explorações agrícolas é avaliada pela razão das ajudas financeiras (subsídios, cotas, contingenciamento de produtos) e o produto bruto (Sensibilidade =  $\sum$  ajudas financeiras / produto bruto).

O indicador de sensibilidade às ajudas financeiras leva em conta os recursos financeiros e operacionais derivados de políticas públicas; mas, exclui empréstimos bancários para investimentos e custeios contraídos pelos produtores a preço de mercado.

As unidades de produção estudadas não recebem qualquer tipo de subsídio a título de ajuda financeira para a produção de alimentos orgânicos ou estão sujeitas aos mecanismos de cotas ou contingenciamento de produtos; embora, os preços de mercado dos produtos orgânicos sejam superiores aos produtos convencionais.

Considerando a taxa de sensibilidade igual a zero (SAF = 0)<sup>21</sup>, todas as unidades estudadas obtiveram o valor máximo de 10 pontos para o indicador de sensibilidade às ajudas financeiras (Tabela 58).

<sup>20</sup> A autonomia do agroecossistema opõe-se à dependência; mas, não significa autarquia. A autonomia financeira é uma condição essencial para a independência técnica e gerencial.

<sup>21</sup> Sensibilidade às ajudas financeiras (SAF) =  $\sum$  ajudas financeiras / produto bruto.

Oportunamente, alguns autores consideraram o indicador de sensibilidade às ajudas financeiras como não aplicável às condições brasileiras (Jesus, 2003; Vieira, 2005; Cuvillier, 2006); provavelmente devido a não existência de subsídios oficiais às explorações agrícolas estudadas.

**Tabela 58-** Indicador de sensibilidade às ajudas financeiras (C4)

Item	Unidades de Produção				
	1	2	3	4	5
	<b>Pontuação</b>				
Sensibilidade (Ajudas/Produto bruto) < 20%	10	10	10	10	10
<b>Valor do Indicador</b>	10	10	10	10	10

Observação: valor máximo do indicador C4 = 10.

#### 4.1.40 Transmissibilidade econômica (C5)

O indicador de transmissibilidade econômica aborda aspectos relacionados a possíveis dificuldades da exploração agrícola frente à necessidade de renovação das gerações de agricultores ou processo de substituição do(a) chefe da família ou, ainda, quando ocorre a saída de um sócio do empreendimento.

O indicador de transmissibilidade visa a valorizar o capital humano das explorações agrícolas (patrimônio sócio-cultural); pois, são considerados mais sustentáveis aqueles sistemas produtivos que apresentam menores investimentos em capital financeiro (infra-estrutura, máquinas).

Segundo a fórmula de Vilain (2003), o valor do indicador de transmissibilidade é inversamente proporcional à taxa de transmissibilidade,  $(T) = \text{Capital } (\$) / \text{unidade de trabalho humano (UTH)}$ ; ou seja, quanto menor o valor T, maior é o valor da sustentabilidade da transmissibilidade.

Segundo Jesus (2003), Vieira (2005) e Cuvillier (2006), o indicador de transmissibilidade dificilmente aplica-se à realidade dos agricultores brasileiros; isto provavelmente em função do relativo pequeno capital financeiro que é imobilizado em infra-estrutura produtiva, característica da maior parte das explorações agrícolas familiares.

De fato, considerando o câmbio do Euro (€) em termos de salários mínimos (R\$), os valores possíveis do indicador de transmissibilidade econômica (Tabela 59), a taxa de transmissibilidade calculada não discriminaria os sistemas de produção.

**Tabela 59 –** Modalidade de determinação do indicador de transmissibilidade (A)

Transmissibilidade (T)	Valor de indicador (pontos)
Capital financeiro (\$) < 45 Salários Mínimos (SM) / UTH	20
Capital (\$) entre 45 e 50 SM /UTH	18
Capital (\$) entre 50 e 55 SM /UTH	16
Capital (\$) entre 55 e 70 SM /UTH	14
Capital (\$) entre 70 e 80 SM /UTH	12
Capital (\$) entre 80 e 90 SM /UTH	10
Capital (\$) entre 90 e 110 SM /UTH	8
Capital (\$) entre 110 e 150 SM /UTH	6
Capital (\$) entre 150 e 200 SM /UTH	4
Capital (\$) entre 200 e 280 SM /UTH	2
Capital (\$) > 280 SM /UTH	0

Entretanto, se a modalidade de determinação utilizasse outro critério, reduzindo drasticamente o valor do capital financeiro para a pontuação (Tabela 60), verificar-se-ia uma discriminação entre as unidades produtivas estudadas (Tabela 61).

**Tabela 60** – Modalidade de determinação do indicador de transmissibilidade (B)

Transmissibilidade (T)	Valor de indicador (pontos)
Capital financeiro (\$) < 0,04 Salários Mínimos (SM) / UTH	20
Capital (\$) entre 0,04 e 0,05 SM /UTH	18
Capital (\$) entre 0,06 e 0,07 SM /UTH	16
Capital (\$) entre 0,08 e 0,09 SM /UTH	14
Capital (\$) entre 0,10 e 0,11 SM /UTH	12
Capital (\$) entre 0,12 e 0,13 SM /UTH	10
Capital (\$) entre 0,14 e 0,15 SM /UTH	8
Capital (\$) entre 0,16 e 0,17 SM /UTH	6
Capital (\$) entre 0,18 e 0,20 SM /UTH	4
Capital (\$) entre 0,21 e 0,28 SM /UTH	2
Capital (\$) > 0,28 SM /UTH	0

Consideradas as adaptações mencionadas, o indicador foi calculado através da taxa de transmissibilidade, através da razão do valor da depreciação da infra-estrutura produtiva (instalações prediais, máquinas e equipamentos) e o salário mínimo anual vigente (no estado do Rio de Janeiro, em 2008).

Desta forma, calculada a razão da depreciação da infra-estrutura produtiva e o trabalho humano despendido obteve-se os seguintes valores do indicador de transmissibilidade, por unidade de produção (Tabela 61).

**Tabela 61** – Indicador de transmissibilidade (C5)

Item	Unidades de Produção				
	1	2	3	4	5
Depreciação anual (\$)	4.994,00	543,33	543,33	1.923,55	1.923,55
Depreciação anual (SM)	0,93	0,10	0,10	0,35	0,35
UTH	2,83	2,65	1,00	3,38	2,65
Depreciação (SM) / UTH	0,33	0,04	0,10	0,09	0,14
Valor do indicador de acordo com a tabela 59	20	20	20	20	20
<b>Valor do indicador de acordo com a tabela 60</b>	0	20	8	8	6

Observação: valor máximo do indicador C5 = 20.

Se a modalidade de determinação do indicador de transmissibilidade fosse de acordo com a Tabela 59, a pontuação obtida não discrimina os sistemas de produção estudados; entretanto, foi utilizada a modalidade de determinação de acordo com os critérios apresentados na Tabela 60, visando a discriminação entre as unidades produtivas estudadas.

Utilizando-se a modalidade de determinação apresentada na Tabela 60, os sistemas de produção foram discriminados e os valores variaram entre dois extremos claramente definidos, sendo a menor valor do indicador de transmissibilidade econômica para a unidade de produção número 1, enquanto a maior transmissibilidade recaiu para a unidade de produção 2, que obteve pontuação máxima (Tabela 61).

Não obstante o valor do indicador tenha sido calculado de acordo com a modalidade de determinação apresentada na tabela 60, sugere-se que sejam feitas pesquisas que avaliem as principais características patrimoniais dos sistemas de produção para uma melhor adaptação deste indicador à realidade da olericultura orgânica regional.

#### 4.1.41 Eficiência do processo produtivo (C6)

A eficiência do processo produtivo pode ser avaliada de diversas maneiras, dependendo dos objetivos; porém, o presente indicador limita-se aos aspectos técnico-financeiros das explorações agrícolas, avaliados através da fórmula: Eficiência (E) = [Receita (\$) – Despesas (\$)] / Receita (\$); onde: as receitas referem-se ao valor bruto da produção anual, e, as despesas referem-se aos custos operacionais, considerando as despesas com materiais (compostos, sementes e outros) e serviços (mecanização, mão-de-obra assalariada e outros). No cálculo das despesas não incluem os valores das depreciações anuais das instalações, máquinas e equipamentos.

O valor do indicador mostrou que as unidades estudadas apresentam eficiência econômica variando de aproximadamente 50 a 97% (Tabela 62)

As unidades produtivas mais eficientes são aquelas que por motivos diversos utilizam exclusivamente mão-de-obra familiar, enquanto os sistemas menos eficientes utilizam mão-de-obra familiar e contratam de mão-de-obra (permanente ou temporária). Desta forma, verifica-se a importância das despesas com pessoal, que pesaram fortemente nos custos operacionais da produção de olerícolas sob manejo orgânico.

**Tabela 62** – Indicador de eficiência econômica (C6)

Item	Unidades de Produção				
	1	2	3	4	5
Receitas: valor bruto da produção anual (R\$)	77.038,90	10.764,01	20.446,97	6.772,11	7.503,84
Despesas: materiais, serviços, salários (R\$)	32.015,60	4.021,08	10.278,84	200,00	702,86
Eficiência [(receitas - despesas) / receitas]	0,58	0,63	0,50	0,97	0,91
<b>Valor do indicador</b>	15	18	15	25	25

Observação: valor máximo do indicador C6 = 25.

Deve-se, ainda, ressaltar que o sistema de produção e comercialização (sistema 1) apresentou eficiência econômica de aproximadamente 58%; embora apresente alto valor relativo com despesas operacionais, o seu faturamento bruto é favorecido com as vendas diretas dos produtos (comercialização em cadeias curtas: cestas domiciliares, restaurantes), melhorando a eficiência econômica.

#### 4.2 Representações Gráficas dos Indicadores

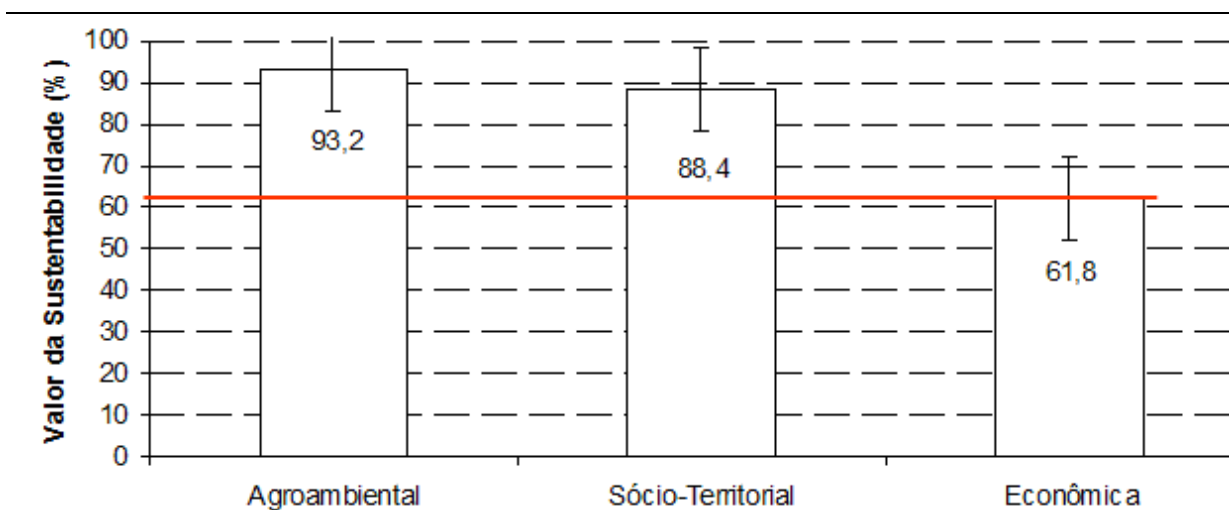
Apresentados os esclarecimentos sobre cada um dos 41 indicadores utilizados (itens 4.1 a 4.41), em seguida, são apresentados os resultados agregados das cinco unidades de produção (Figura 2).

A dimensão econômica apresentou o menor escore de sustentabilidade, aproximadamente 60%, seguida pela dimensão sócio-territorial (80%) e agro-ambiental (90%).

O método IDEA considera a dimensão de menor valor limitante da sustentabilidade das explorações agrícolas (não havendo compensações entre os resultados das dimensões de menor e maior valor); portanto, os maiores esforços devem ser direcionados principalmente para a melhoria da sustentabilidade econômica dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico.

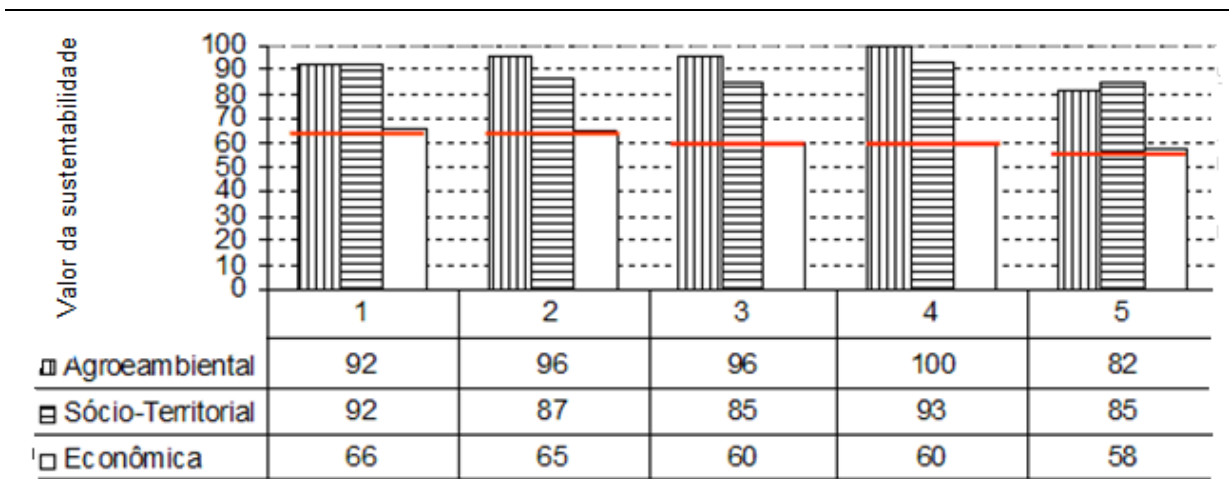
Estes resultados corroboram com Jesus (2003) e Cuvillier (2006), que avaliaram sistemas de produção no estado do Rio de Janeiro; pois, também, entre os agroecossistemas

estudados pelos autores, os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico apresentaram o eixo econômico como a dimensão limitante da sustentabilidade.



**Figura 2** – Sustentabilidade média dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro.

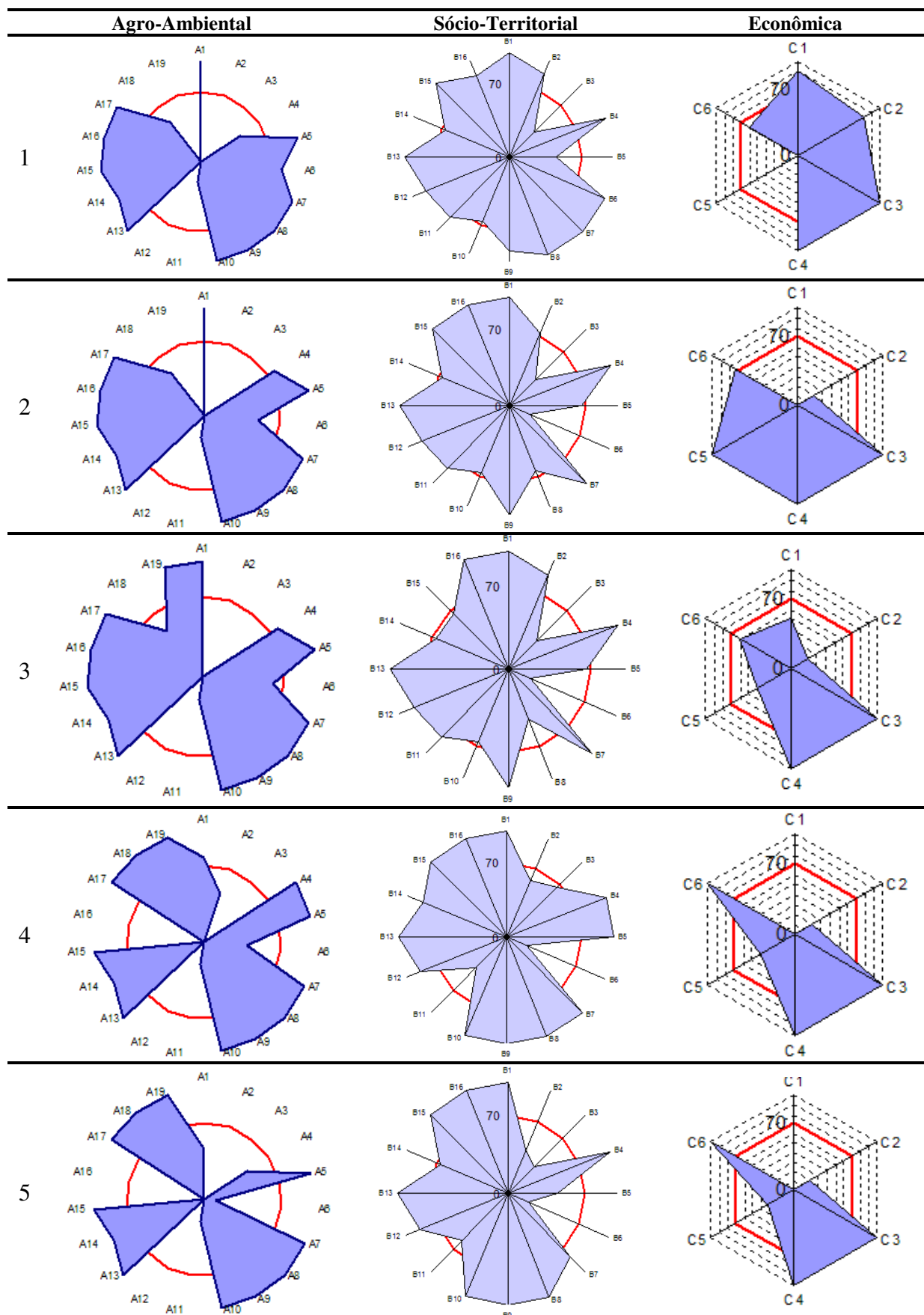
A avaliação da sustentabilidade por unidade de produção revelou que a dimensão econômica também foi o principal eixo limitante para todos os agroecossistemas estudados, analisados individualmente (Figura 3).



**Figura 3** – Sustentabilidade por unidade de produção

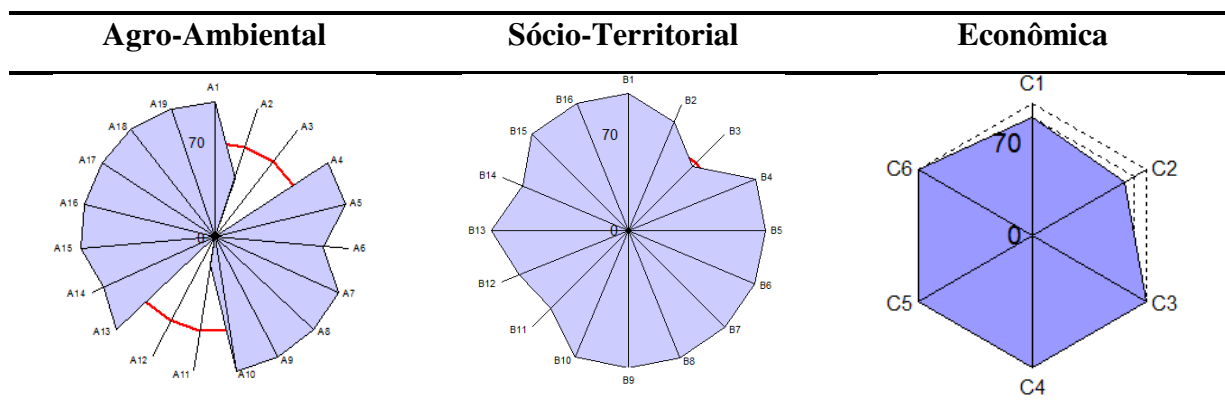
Os resultados normalizados dos 41 indicadores por dimensão (agro-ambiental, sócio-territorial e econômica) e por sistema de produção estudado, são mostrados utilizando-se gráficos multi-objetivos, facilitando a visualização daqueles indicadores que ficaram com escore inferior a 70% (Figura 4).





**Figura 4** – Resultados normalizados dos 41 indicadores, agrupados por dimensão, dos cinco sistemas de produção estudados.

Finalmente, considerando os valores máximos obtidos de 41 indicadores das cinco unidades de produção estudadas, observa-se que o conjunto das unidades de produção estudadas apresenta, nas dimensões agro-ambiental e sócio-territorial, alguns indicadores com valores abaixo de 70% do valor máximo de pontos, que podem ser considerados valores, arbitrariamente, insuficientes (Figura 5).



**Figura 5** – Síntese dos indicadores das cinco unidades de produção, por dimensão.

Na dimensão agro-ambiental, os indicadores que apresentaram maiores vulnerabilidades são os seguintes: A2 – Diversidade de culturas perenes, A3 – Diversidade de vegetação associada, A11 – Capacidade de carga animal, e, A12 – Gestão da superfície forrageira. E, na dimensão sócio-territorial, destaca-se o indicador B3 – Tratamento de resíduos não orgânicos. Isto implica num esforço maior dos agricultores, técnicos e demais agentes de desenvolvimento na busca conjunta de soluções inovadoras para melhoria destes indicadores e, em consequência, maior sustentabilidade dos agroecossistemas.

A dimensão econômica, considerada como o eixo principal limitante da sustentabilidade, quando observados os valores máximos dos indicadores, nenhum indicador apresenta nota inferior a 70% (Figura 5); portanto, o conjunto das unidades de produção estudadas apresenta soluções próprias, que são experimentadas pelas famílias de agricultores, que certamente são fontes inspiradoras de outras adaptações capazes de contribuir para com as melhorias da sustentabilidade dos agroecossistemas e do território.

## 4 CONCLUSÕES

- O método IDEA é uma ferramenta de diagnóstico da sustentabilidade de unidades de produção agrícola, de caráter didático-pedagógico e multidisciplinar, aplicável ao planejamento de sistemas de produção de olerícolas orgânicas de base familiar. Todavia, o número e os critérios de determinação dos indicadores devem ser adaptados às condições locais, principalmente para facilitar a apropriação por parte dos agricultores.

- A dimensão econômica mostra-se como o principal eixo limitante da sustentabilidade das unidades de produção de olerícolas orgânicas de base familiar na Região Serrana Fluminense.

- A dimensão agro-ambiental apresenta-se como o eixo de maior grau de sustentabilidade nas unidades de produção estudadas; porém, detecta-se que fatores relacionados à diversidade de cultivos perenes e a integração da produção vegetal e animal devem ser observados para melhoria da sustentabilidade desta dimensão.

- Quanto a dimensão sócio-territorial, a gestão dos resíduos não orgânicos empregados nas unidades de produção estudadas deve ser observada para melhoria da sustentabilidade deste eixo.

- A disseminação do método IDEA como instrumento para subsidiar a elaboração de políticas públicas direcionadas à melhoria da sustentabilidade de unidades de produção de olerícolas orgânicas de base familiar depende da validação em maior número de agroecossistemas.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, R. L. Agroecologia no Brasil: análise do processo de difusão e perspectivas. Campinas: UNICAMP, 2002. 150p (Tese de doutorado).
- CUVILLIER, S. Análise de metodologias de avaliação da sustentabilidade de sistemas agrícolas. Rio de Janeiro: UFRJ, 2006. 176p. (Dissertação de mestrado).
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (Brasília, DF). II Plano Diretor da Embrapa Hortaliças. Brasília: 2000, 44 p.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Novo retrato da agricultura familiar, o Brasil redescoberto. Brasília: INCRA, 2000. 74p.
- FILGUEIRA, F. A. REIS. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.
- GUERRA, J. G.; NDIAYE, A.; ASSIS, R. L.; ESPINDOLA, J. A. Uso de plantas de cobertura na valorização de processos ecológicos em sistemas orgânicos de produção na região serrana fluminense. In: Agriculturas, experiências em agroecologia. v.4, n.1. Rio de Janeiro: ASPTA, 2007. p. 24 – 27.
- JESUS, E. L. Avaliação da sustentabilidade agrícolas, uma abordagem conceitual e metodológica. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2003. 146p. (Tese de doutorado).
- LAMARCHE, H. A agricultura familiar, comparação internacional. v.1. Campinas: UNICAMP, 1993. 335p.
- LAMARCHE, H. A agricultura familiar, do mito á realidade. v.2. Campinas: UNICAMP, 1998. 348p
- LIMA, A. P; BASSO, N. NEUMANN, P. S.; SANTOS, A. C. dos.; MÜLLER, A. G. Administração da unidade de produção familiar, modalidades de trabalho com agricultores. IJUÍ: UNIJUI, 2001. 221p.
- MARZALL, K. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas. Porto Alegre: UFRGS, 1999. 212p. (Dissertação de Mestrado). Disponível em: < <http://gipaf.cnptia.embrapa.br/itens/publ>> . Acesso em 21 de outubro de 2005.
- KIEHL, J. S. Adubação orgânica, 500 perguntas e respostas. Piracicaba: Degaspari, 2008. 227p.
- RODRIGUES, S. G.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do novo rural. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 38, n. 4, p. 445-451, abr. 2003.
- SCHNEIDER, S. A pluriatividade na agricultura familiar. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.
- VAN BELLEN, H.M. Indicadores de sustentabilidade. Florianópolis: UFSC, 2002. 235p. (Tese de doutorado).
- VIEIRA, M. S. C. Aplicação do método IDEA como recurso didático pedagógico para avaliação da sustentabilidade de propriedades agrícolas no município do Rio Pomba – MG. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2005. 82p. (Dissertação de mestrado).
- VILAIN, L. (coord.) La Méthode IDEA - Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles: guide d'utilisation. Dijon: Educagri, 2000. 100 p.
- VILAIN, L. (coord.) La Méthode IDEA - Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles: guide d'utilisation. Dijon: Educagri, 2003. 148 p.
- ZAHM, F., VIAUX P., GIRARDIN, P., VILAN, L., MOUCHET, C.. Farm sustainability assessment using the IDEA method. In: International forum on assessing sustainability in agriculture. Bern: INFASA, 2006. 20p.

## **CAPÍTULO III**

### **BALANÇO DE NUTRIENTES DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE OLERÍCOLAS SOB MANEJO ORGÂNICO**

## RESUMO

Historicamente, a evolução da agricultura brasileira está ligada à exploração da fertilidade natural do solo e na migração das culturas para novas áreas, economicamente viáveis, quando o solo se exauria. Recentemente, surgiram trabalhos científicos envolvendo o uso de adubos minerais e orgânicos que visam a estabelecer as bases para as práticas de fertilização do solo permitindo a exploração contínua dos estabelecimentos rurais. O monitoramento da qualidade do solo é um requisito fundamental para análise da sustentabilidade das explorações agrícolas. O orçamento e o balanço de nutrientes têm sido utilizados para investigar alterações nos estoques de nutrientes no solo. A maioria das investigações tem optado pelo balanço parcial de nutrientes. Imperativamente, o balanço completo de nutrientes exige o uso de modelos, que são representações simplificadas da realidade, que permitem predições quantitativas, com certo grau de confiabilidade. Os estudos científicos de balanço de nutrientes são resultados de uma negociação, envolvendo certo juízo entre o tempo, esforço, precisão e custo, tornando impossível uma análise estatística completa, durante muitos anos; portanto, é importante reconhecer esses acórdãos subjetivos e as incertezas dos dados. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a sustentabilidade de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, do ponto de vista do balanço parcial dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg. Partiu-se do pressuposto que o balanço parcial de nutrientes dos cinco sistemas de produção avaliados deve mostrar que os itinerários técnicos de adubação adotados são capazes de manter a fertilidade química do solo em níveis adequados para a produção satisfatória de alimentos de qualidade, ao longo do tempo. O balanço parcial de nutrientes ( $\Delta S = \text{Entradas} - \text{Saídas}$ ) foi calculado pela diferença da quantidade de nutrientes que entra no sistema via adubações orgânicas e a saída por meio das exportações nas partes das plantas comercializadas, ambos com base no peso seco. A maioria dos sistemas de produção estudados apresenta balanço parcial positivo (sistemas 1, 2, 3 e 5) para os nutrientes N, P, K, Ca e Mg. No sistema 4, detecta-se baixo déficit anual de N; mas, apresenta nível médio para a matéria orgânica do solo ( $C = 11,9 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e teor de N total de  $1,4 \text{ g.kg}^{-1}$ . Não obstante, o suprimento deste nutriente deve ser suplementado pela adubação orgânica ao longo do tempo. Ademais, os sistemas estudados apresentam históricos de aumento da fertilidade química dos solos para os nutrientes N, P, K, Ca e Mg, considerando os solos sob vegetação da Mata Atlântica do entorno como referências. Evidencia-se, portanto, que os sistemas de produção de olerícolas orgânicas estudados são capazes de manter a fertilidade do solo em níveis adequados para a produção de alimentos de qualidade, em longo prazo.

**Palavras-chaves:** Sustentabilidade. Balanço de nutrientes. Olericultura orgânica

## ABSTRACT

Historically, the evolution of Brazilian agriculture is connected to the exploration of naturally fertility soil until exhaustion, and then farm-migration to new economically viable areas. Recent scientific work involved the use of mineral and organic fertilizers, with a vision to establish basic fertilizing practices to allow continued soil exploration of established rural areas. Monitoring soil quality is a fundamental requisition to analyze agriculture sustainability. Nutrient balance has been utilized to investigate alterations in the soil's nutrient stock. The majority of research has opted for the partial balance of nutrients. A complete nutrient balance demands the use of models which represent simplified realities that permit quantitative predictions with a determined level of trust. The nutrient balance scientific studies are the results of maneuvering, involving thinking about time, effort, precision and cost; thus, making it impossible for complete statistical analysis for many years; therefore it is important to acknowledge subjective thinking and data uncertainties. This way, the objective of this work is to assess the sustainability of vegetable production systems under organic management from the viewpoint of partial nutrient balance of N, P, K, Ca, and Mg. The hypothesis started with the presumption that the assessed partial balance of nutrients in the five systems of production must show that the adopted technical itineraries for fertilizing, are able to maintain adequate levels of chemically fertile soil for satisfactory quality production on the long term. The partial balance of nutrients ( $\Delta S = \text{entries} - \text{exits}$ ) was calculate by the difference of nutrient quantity entering the system by organic fertilizers and exiting by removal of commercialized plant parts, both based on dry weight. The majority of studied production systems present a partial positive balance (Systems 1, 2, 3, and 5) for the nutrients, N, P, K, Ca, and Mg. On the 4<sup>th</sup> system we detected an annual low deficit of N; but showed a medium level of organic matter in the soil (C=11.9 g.Kg<sup>-1</sup>) and N total of 1.4 g.Kg<sup>-1</sup>. However, existence of this nutrient must be supplied by organic fertilization on the long run. Also, the studied systems show historic increases of chemical fertilizers in nutrients N, P, K, Ca, and Mg on the soil; considering as references are the soils under vegetation in the Atlantic Forest. Therefore it is evident that the studied organic vegetable production systems are able to maintain soil with adequate production levels to produce quality food on the long run.

**Key words:** Sustainability. Nutrient balance. Organic horticulture.

## 1 INTRODUÇÃO

Historicamente, desde o descobrimento do Brasil, a evolução da agricultura está diretamente ligada à exploração da fertilidade natural do solo. No início, os grandes ciclos econômicos da cana-de-açúcar e do café alicerçaram-se na fertilidade dos solos das matas e na migração das culturas para novas áreas, quando a fertilidade natural se exauria.

Por meio de observações das práticas do início e, recentemente, com a expansão da fronteira agrícola ocupando solos de baixa fertilidade natural, surgiram trabalhos científicos envolvendo o uso de adubos orgânicos e minerais com vistas a estabelecer as bases para as práticas de fertilização do solo que permitissem a exploração contínua dos estabelecimentos rurais.

Nas últimas décadas, a agricultura mundial e a brasileira experimentaram aumentos significativos da produtividade de numerosas culturas. Segundo Lopes & Guilherme (2007), o investimento em tecnologias de uso eficiente de corretivos e fertilizantes é responsável por aproximadamente 50% dos aumentos da produção e produtividade; portanto, a baixa fertilidade natural ou provocada pela exaustão dos solos pode ser corrigida mediante reposição de nutrientes, via adubação mineral e orgânica, bastando para isso, que se faça uso da análise do solo e da planta, para diagnosticar eventuais problemas.

Entretanto, rápida degradação do solo sob exploração agrícola no mundo, especialmente nos países tropicais em desenvolvimento, aumentou a preocupação com conservação da qualidade dos solos e a sustentabilidade da exploração agrícola (Lal & Pirce, 1991; Mielniczuk, 2008).

A qualidade do solo está relacionada com a sua capacidade de exercer várias funções ecossistêmicas, dentro dos limites do uso da terra, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a melhoria da saúde das plantas, dos animais e das pessoas (Goedert & Oliveira, 2007).

O monitoramento da qualidade do solo é um requisito fundamental para análise da sustentabilidade de agroecossistemas, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de produção, a tempo de evitar a degradação dos solos ou a contaminação do meio ambiente; mas, é preciso definir atributos do solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação.

Diversos autores propuseram um conjunto de variáveis químicas, físicas e biológicas, que acompanhadas ao longo do tempo, são capazes de detectar mudanças da qualidade do solo em função do manejo adotado. O carbono orgânico total (COT) ou a matéria orgânica do solo (MOS) encontram-se entre essas variáveis, como um indicador chave da qualidade (Larson & Pirce, 1994; Doran, 1997; Reeves, 1997).

Atualmente, existe um consenso em relação à matéria orgânica como indicador de qualidade do solo. Primeiramente, o teor de matéria orgânica no solo é muito sensível às práticas de manejo adotadas, principalmente em solos de regiões tropicais e subtropicais, onde nos primeiros anos de cultivo mais de 50% da matéria orgânica do solo previamente acumulada é perdida, devido à aceleração da decomposição microbiana e a erosão do solo. E, em segundo lugar, a maioria dos atributos do solo tem estreita relação com a matéria orgânica: fonte de carbono (C) e energia para os microrganismos heterotróficos, fonte de nutrientes para as culturas, capacidade de troca catiônica (CTC), complexação de elementos, estabilidade dos agregados, aeração, infiltração e retenção de água, resistência à erosão, lixiviação de nutrientes, liberação de carbono (CO<sub>2</sub>), entre outros (Mielniczuk, 2008).

A questão central do uso da matéria orgânica como indicador de sustentabilidade do solo reside na definição do teor crítico, a partir do qual a qualidade do solo fica comprometida. O teor crítico é variável de solo para solo.



Em regiões tropicais e subtropicais, o teor de carbono em solos sob vegetação natural encontra-se estável. Segundo Bayer & Mielniczuk (2008), este valor pode ser tomado como referência para o teor crítico de matéria orgânica para a qualidade do solo.

Normalmente, a perturbação antrópica do solo sob vegetação natural causa mais perdas do que ganhos de carbono. E, o declínio da matéria orgânica do solo (MOS) indica que existem problemas no sistema de manejo adotado; mesmo que, em um primeiro momento, o teor de MOS não seja tão importante para a produtividade das culturas, entretanto, será significativo para a qualidade do solo em relação à conservação do ambiente.

Inevitavelmente, a persistência no erro, o manejo irracional da matéria orgânica do solo resultará em diminuição da qualidade do solo e conduzirá a exploração agrícola a uma situação insustentável, do ponto de vista econômico, ambiental e social (Santos et al., 2008).

Segundo Ehlers (1996), existem perspectivas de implantação de novos paradigmas para o desenvolvimento da agricultura sustentável, que se contrapõem ao cultivo convencional da Revolução Verde, por meio de sistemas de produção alternativos, como o plantio direto, integração lavoura-pecuária, sistemas agroflorestais e agricultura orgânica. Estes sistemas têm em comum o manejo conservacionista da fertilidade do solo, como fundamento para a sustentabilidade da atividade agrícola.

Embora, o carbono no solo possa ser um indicador de estabilidade do sistema de produção, se monitorado ao longo do tempo, dificilmente a qualidade do solo poderá ser acessada pelo acompanhamento de um único atributo. A gestão da fertilidade do solo deve estabelecer um sistema de indicadores, facilmente detectados pelos agricultores, extensionistas e pesquisadores, para que a estratégia de desenvolvimento dos agroecossistemas respeite a capacidade de oferta dos recursos naturais, manejando-os para manter ou mesmo melhorar a qualidade do solo.

O orçamento e o balanço de nutrientes têm sido utilizados para investigar algumas alterações da fertilidade dos solos. O orçamento nutricional refere-se à listagem das entradas e saídas de nutrientes dos sistemas de produção agrícola, enquanto o balanço é a diferença entre as entradas e saídas de nutrientes (Hoa et al., 2006; Ju et al., 2007).

Os estudos de balanço assumem que é necessário o equilíbrio entre as entradas e saídas de nutrientes para o sistema de produção alcançar certa estabilidade e sustentabilidade, ao longo de determinado período de tempo (Figura 1).

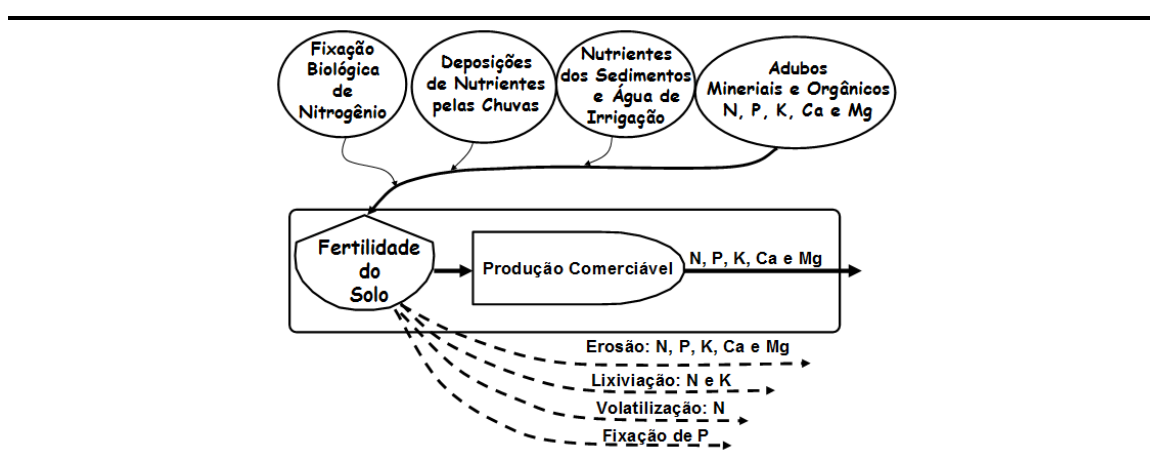


Figura 1 – Diagrama simplificado do balanço de nutrientes

Segundo Scoones & Toulmin (1998) e Hoa et al. (2006), a maioria das investigações tem optado por concentrar a avaliação da fertilidade através do balanço parcial de nutrientes, baseado tão somente nas quantidades de fertilizantes aplicados (entradas) e nutrientes

exportados nas partes colhidas das culturas (saídas); assumindo que os outros processos que ocorrem no solo como se fossem uma “caixa preta”.

O balanço parcial é inadequado para uma acurada estimativa do balanço de nutrientes; pois, quando o balanço é negativo, pode suscitar alarmes desnecessários de depleção do solo, enquanto o balanço completo pode ser positivo (Hoa et al. 2006).

Imperativamente, o balanço completo exige o uso de modelos, envolvendo diversos processos que ocorrem com os estoques de nutrientes no solo, como a diferenciação entre nutrientes disponíveis e não imediatamente disponíveis, que determinam o complexo suprimento nutricional das plantas.

Modelos são representações simplificadas da realidade, que identificam os principais componentes e interações, que permitem previsões quantitativas, com certo grau de confiabilidade, que auxiliam as tomadas de decisões (Odum, 1988).

Em geral, para a modelagem do balanço de nutrientes faz-se uma série de escolhas, tais como, quais nutrientes serão investigados em pormenor (usualmente nitrogênio, fósforo e potássio) e os fluxos que serão mensurados direta ou indiretamente.

Entre os tipos de dados de entrada e saída dos sistemas de produção agrícola que são medidos diretamente (ou não) incluem-se os fluxos de materiais: fertilizantes aplicados e produtos colhidos.

Alternativamente, para as mensurações mais laboriosas utilizam-se dados ou funções padronizadas da literatura, como as usadas para as estimativas das perdas de nutrientes por erosão, lixiviação e volatilização.

Inevitavelmente, a modelagem completa do balanço de nutrientes assume que certos processos ocorrem como se fora uma “caixa preta”; pois, nem tudo pode ser medido ou existem dados e equações validadas, para as condições de manejo estudadas.

Segundo Scoones & Toulmin (1998), os estudos científicos de balanço de nutrientes são sempre resultados de uma negociação, envolvendo certo juízo entre o tempo, esforço, precisão e custo, tornando impossível uma estatística completa; portanto, é importante reconhecer esses acórdãos subjetivos e as incertezas dos dados.

Usualmente, as análises laboratoriais constroem a coleção de dados, influenciam a escolha dos limites do sistema (escala), o nível de detalhamento, os nutrientes investigados (mensurados e estimados), entre outros fatores importantes para o balanço de nutrientes dos agroecossistemas estudados.

Segundo Scoones & Toulmin (1998) e Hoa et al.(2006), os dados do balanço de nutrientes são tomados durante um período de tempo limitado, enquanto deveria ser examinado por vários anos e em diferentes escalas, para os fins que se destina.

Desta forma, a modelagem do balanço de nutrientes, mesmo a mais completa possível, provê apenas uma visão parcial, considerando que os dados usados nas análises têm confiabilidades relativas, com fontes de incertezas diversas.

Numa determinada escala, o balanço de nutrientes pode ser positivo, negativo ou neutro, em certo período (ano); entretanto, o desequilíbrio pode ser compensado (ou não) em outros períodos subsequentes, não obstante os requerimentos nutricionais das culturas serem atendidos adequadamente.

O balanço positivo indica que o estoque de nutrientes do solo está aumentando (enriquecimento) e o negativo que está diminuindo (empobrecimento). O balanço neutro indica que o estoque de nutrientes do solo não está sendo alterado; mas, a qualidade do estoque e, em consequência, a fertilidade do solo pode ser alterada (Hoa et al.; 2006).

Neste sentido, a fertilidade pode ser conceituada como a capacidade do solo em disponibilizar nutrientes, com maior ou menor intensidade competitiva, para a planta absorver durante o ciclo de vida (Raij, 1991; Cantarutti et al., 2007).

Assim, o solo é considerado como uma reserva de elementos minerais, podendo ser fonte ou dreno de nutrientes para as plantas, à semelhança do conceito relação fonte-dreno utilizado em Fisiologia Vegetal.

A planta enquanto dreno tem no solo a sua fonte principal de nutrientes minerais. O solo poderá ser naturalmente fonte de nutrientes quando fértil ou pode tornar-se fonte devido às adições de nutrientes via fertilizantes.

No caso de deficiência de nutrientes, o solo comportar-se como dreno, existindo clara competição entre a planta (planta-dreno) e o solo (solo-dreno) pelo nutriente adicionado via fertilizante; e, com frequência, o solo-dreno é mais competitivo que a planta-dreno (Novais et al., 2007).

O solo é fonte de nutrientes quando apresenta certas características de reservas nutricionais favoráveis às plantas. Mas, para garantir a manutenção da produtividade das culturas são necessárias adições de fertilizantes no solo em quantidades adequadas, ao longo do tempo.

Considerando, primeiramente, que as hortaliças são plantas que necessitam de quantidades elevadas de nutrientes em curto período de tempo, uma vez que a maioria das cultivares foi selecionada em condições de alta disponibilidade de nutrientes dos solos visando altas produtividades das plantas. E, em segundo lugar, considerando que a dinâmica dos elementos minerais em solos agrícolas, ao contrário do que ocorre em sistemas naturais, é caracterizada pelo desequilíbrio de nutrientes, sendo a magnitude da perda ou acumulação de nutrientes dependente do tipo de solo, cultura, intensidade de cultivo, quantidade de nutrientes adicionados, entre outros fatores. Em terceiro lugar, considerando que entre os objetivos da agricultura orgânica destaca-se a conservação das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. Então, hipoteticamente, o balanço parcial de nutrientes dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico deve mostrar que as explorações agrícolas estudadas são capazes de manter a fertilidade do solo em níveis adequados para a produção de alimentos de qualidade, ao longo do tempo.

O objetivo deste trabalho é avaliar a sustentabilidade de cinco sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, do ponto de vista do balanço parcial dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A agricultura desenvolveu um conjunto de tecnologias que, ao invés da recuperação natural dos solos, visam a substituir o que é alterado com o cultivo do solo e removido na colheita; mas, o manejo deve adicionar continuamente certas quantidades de nutrientes e matéria orgânica nos sistemas de produção.

Jean Baptiste Boussingault (1802-1882), em seus experimentos, pesando e analisando os esterco e a composição das culturas durante vários estádios de crescimento, manteve um balanço que mostrava quanto dos vários nutrientes das plantas vinham das chuvas, do solo e do ar (Lopes & Guilherme, 2007).

As plantas são organismos fotoautotróficos, assim chamadas em virtude da sua habilidade de sintetizar carboidratos ( $C_nH_{2n}O_n$ ) usando energia solar, água ( $H_2O$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ). O carbono e o oxigênio são trocados principalmente do ar atmosférico e o hidrogênio da água do solo. Todos os outros elementos minerais necessários às plantas são obtidos pelas interações com a fase sólida do solo, excetuados certos suprimentos de nitrogênio que são fixados do ar do solo (fixação biológica de nitrogênio – FBN) principalmente pela associação das plantas leguminosas com microrganismos (Fernandes, 2006).

### 2.1 O Solo

Um solo mineral, próximo à superfície, com condições físicas ótimas para o crescimento de plantas, apresenta a seguinte composição volumétrica: 50% são espaços porosos, ocupados por partes iguais de ar e de água; enquanto, os sólidos minerais representam aproximadamente de 45-48% e a matéria orgânica de 2 a 5% do volume de solo (Novais & Mello, 2007).

A fase sólida é constituída de agregados formados de partículas (argila, silte, areia), cimentadas entre si pela matéria orgânica, que formam um sistema coloidal complexo, onde ocorrem reações químicas, físico-químicas e microbianas. As partículas do sistema coloidal dos solos apresentam superfície específica com variações que dependem, principalmente, do tipo de mineral de argila e teores de matéria orgânica (Novais & Mello, 2007).

Quanto ao tipo de mineral argila sabe-se que na maioria dos solos tropicais e subtropicais tem menor superfície específica que solos de regiões temperadas. Entretanto, a matéria orgânica presente, mesmo com teores relativamente baixos (2 a 5%), contribui significativamente para o valor da superfície específica dos solos tropicais, graças ao alto grau de subdivisão da matéria orgânica do solo. Assim, um solo com maior teor de matéria orgânica terá maior superfície específica, se outras características, como tipo e quantidade de argila, forem mantidas constantes.

As propriedades de troca iônica do solo são devidas aos minerais de argila e à matéria orgânica do solo, quase que totalmente, que são materiais de elevada superfície específica. As partículas do sistema coloidal têm cargas elétricas, positivas e negativas, que proporcionam a adsorção de íons de cargas opostas, retendo-os no solo. Os íons retidos, em boa parte, são nutrientes que desempenham papel importante para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

De certa forma, pode-se fazer analogia entre capacidade de troca catiônica (CTC) e a capacidade máxima de adsorção de elementos de comportamento aniônico (CMAE), uma vez que a CTC representa a quantidade máxima (Q) adsorvida que pode atingir os nutrientes catiônicos trocáveis, como o  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ , por ligações eletrovalentes (fracas) com os colóides do solo; enquanto, a CMAE indica a capacidade máxima de adsorção de nutrientes aniônicos, por ligações covalentes (fortes), como é o caso do fósforo (CMAE). Porém, quanto

maior a CTC, maior biodisponibilidade. E, ao contrário, a maior CMAP implica em menor biodisponibilidade de fósforo, que é fixado. A matéria orgânica influencia ambas, a CTC e a CMAE, conseqüentemente, a biodisponibilidade.

Quando se compara o comportamento de P (adsorção específica) ao do N (adsorção não específica) no solo, alguns contrastes são evidenciados. Segundo Araújo & Machado (2006), o coeficiente de difusão (D) de P no solo é muito baixo, tem grandeza de  $10^{-12}$  a  $10^{-15}$   $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ . E, segundo Novais et al. (2007), para o N, os valores dos coeficientes de difusão (D) são da ordem de  $10^{-7}$  a  $10^{-6}$  e  $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ , para  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , respectivamente.

Portanto, existem dois extremos de mobilidade dos nutrientes no solo: o P muito pouco móvel, considerado não-lixiviável, em certas condições. E, no outro extremo, as formas de N são muito móveis, podendo ser perdido por lixiviação ( $\text{NO}_3^-$ ), volatilização ( $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3$ ) ou desnitrificado ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$ ), retornando para atmosfera.

## 2.2 A Matéria Orgânica do Solo

Num sentido amplo, a matéria orgânica do solo compreende todos os organismos vivos e seus restos, nos mais variados graus de decomposição (Cerri et al., 1992; Silva & Mendonça, 2007).

As plantas são as principais fontes primárias de matéria orgânica para o solo. O carbono mineral, na forma de gás carbônico, é fixado da atmosfera ( $\text{C-CO}_2$ ) pelo processo de fotossíntese ( $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{energia} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ ). Estes compostos hidrocarbonados, produto da fotossíntese, irão aportar carbono ao solo, principalmente através dos resíduos da biomassa aérea e radicular das plantas, liberação de exsudados radiculares e lavagem de constituintes solúveis da planta pela água da chuva e irrigação. O material resultante da transformação do carbono fixado pelas plantas e incorporado ao solo pela atividade da fauna e da vida microbiana do solo constitui-se, propriamente, a chamada matéria orgânica do solo (MOS).

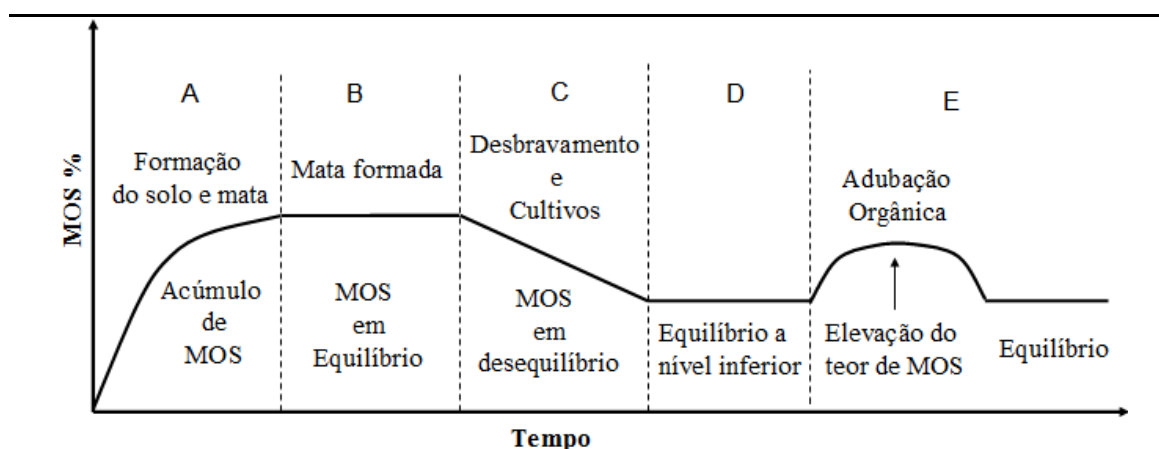
A maioria dos compostos orgânicos formadores da MOS são substâncias de natureza complexa; mas, de composição elementar bastante conhecida, constituídas de C, H, O, N, P e S (Guerra et al., 2008). O carbono (C) compreende aproximadamente 58% da MOS, o hidrogênio 6%, oxigênio 33%, enquanto N, S e P contribuem com aproximadamente 3%, individualmente (Silva & Mendonça, 2007).

O solo comporta-se como um sistema aberto, trocando matéria e energia com o meio ambiente, cujo estado de estabilidade depende do equilíbrio entre as adições e as perdas do sistema.

Essencialmente, o teor de carbono orgânico total do solo (COT) depende da quantidade do aporte e da taxa de mineralização da matéria orgânica. Isto é, em sistemas agrícolas, a formação, acúmulo, equilíbrio e destruição da matéria orgânica do solo (MOS) podem ser representados, esquematicamente, em cinco fases (Figura 2).

Na fase de formação do solo, a vegetação natural acrescenta matéria orgânica ao solo (fase A) até um ponto em que, praticamente, se estabelece um equilíbrio e o conteúdo de carbono permanece constante (fase B). Com o desbravamento da mata pelo homem, para instalação das culturas, ocorre um desequilíbrio drástico, reduzindo o teor de matéria orgânica do solo (fase C) até um ponto em que o manejo do solo adotado estabelece um nível novo de equilíbrio inferior ao original (fase D). Permanecendo as mesmas culturas e tipo de manejo do solo, a tendência do equilíbrio é manter-se nesse novo nível de teor de matéria orgânica. Se houverem adições temporárias de adubação orgânica, o equilíbrio se desfaz, aumentando o teor de matéria orgânica por algum tempo (fase E), até que a matéria orgânica adicionada seja consumida, então o equilíbrio anterior se refaz. Assim, modificando-se o tipo de manejo das

terras de cultura, para melhor ou para pior, o novo equilíbrio se fará em nível acima ou abaixo do anterior.



**Figura 2** – Fases de acúmulo, destruição e equilíbrio da matéria orgânica do solo.

Fonte: Adaptado de Kiehl, 1979.

O conteúdo de matéria orgânica do solo é determinado pela diferença entre as quantidades de carbono adicionadas ( $k_1A$ ) e perdas ( $-k_2C$ ), sendo a variação temporal expressa pela seguinte equação (Bayer & Mielniczuk, 2008):

$$dC/dt = k_1 \cdot A - k_2 \cdot C$$

Nesta equação, “A” representa o carbono fotossintetizado e adicionado ao solo na forma de resíduos, exsudados e raízes; e, o “C” representa o carbono da matéria orgânica do solo. Os coeficientes  $k_1$  e  $k_2$  representam, em base anual, a fração do carbono adicionado que é efetivamente retido no solo na forma de matéria orgânica e a fração de carbono da matéria orgânica do solo que é perdida por decomposição microbiana, erosão e lixiviação, respectivamente<sup>22</sup>.

Os coeficientes  $k_1$  e  $k_2$  são afetados pela temperatura, umidade, textura, mineralogia e práticas de manejo do solo, especialmente o grau de revolvimento do solo.

Segundo Bayer & Mielniczuk (2008), em regiões tropicais e subtropicais, os valores de  $k_1$  do C adicionado pela parte aérea das culturas variam entre 7,7% e 23%, sendo o valor médio de 12,2%. E, a faixa de  $k_1$  para C derivado de raízes varia de 14,4% a 30%, com o valor médio de 21,1%. O coeficiente  $k_2$  apresenta taxas de decomposição variando de aproximadamente 2% até valores de 10% por ano ( $0,02$  a  $0,10 \text{ ano}^{-1}$ ).

Em suma, a matéria orgânica do solo é parte integrante do ciclo do carbono, que pode ser dividido em três fases principais: (i) fase anabólica ou de fixação do dióxido de carbono atmosférico pelos organismos fotossintetizadores; (ii) fase de liberação dos produtos fotossintetizados e de sua estabilização no solo; e, (iii) fase catabólica ou de mineralização de substratos orgânicos e de transferência do carbono mineral à atmosfera. Dentre estas três fases, a segunda e a maior parte da terceira ocorrem no solo, constituindo o ciclo interno do carbono.

<sup>22</sup> Em geral, os coeficientes  $k_1$  e  $k_2$  são determinados utilizando-se técnicas isotópicas de C marcado ( $^{14}\text{C}$ ) ou a abundância natural de  $^{13}\text{C}$  e sua discriminação relativa ao  $^{12}\text{C}$  pelas plantas da rota metabólica C3 em relação à rota C4, aplicando-se a técnica da relação  $\delta^{13}\text{C}$  (Cerri et al., 1992; Bayer & Mielniczuk, 2008).

Em regiões de tropicais e subtropicais, o teor de carbono nos solos em seu estado natural é estável, portanto, pode ser tomado como referência para a definição do nível crítico, a partir do qual a quantidade de matéria orgânica compromete a qualidade do solo.

Leite et al.(2003), avaliaram os efeitos de sistemas convencionais de produção de milho sob adubação orgânica e mineral, nos estoques totais de carbono orgânico (COT) e nitrogênio total (NT), em um Argissolo, tendo uma área de Floresta Atlântica (Zona da Mata Mineira) como referência. Estes autores concluíram que a presença da adubação orgânica é uma estratégia de manejo importante para a conservação da qualidade do solo. Os sistemas de produção em que o composto orgânico é adicionado apresentaram maiores estoques de COT, NT, carbono da fração leve (CFL) e carbono lábil (CL), em relação aos sistemas sem adubação orgânica (somente com adubação mineral). Entretanto, o uso alternativo da terra com sistema de cultivo convencional reduz os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total, reduzindo a qualidade do solo.

## **2.3 Nutrientes Essenciais**

Os nutrientes minerais essenciais às plantas são classificados conforme as quantidades exigidas em macronutrientes (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) (Epstein & Bloom, 2006; Nachtigal & Dechen, 2006). Normalmente os estudos de balanço de nutrientes encontrados na literatura se limitam a estudar NPK (Van den Bosch et al., 1998, Sheldrik et al., 2002, Bekunda & Manzi, 2003, Surendran et al., 2005 apud Araújo, 2008). Enquanto, em muitos solos tropicais, um problema maior é a acidez excessiva, que está associada à deficiência de cálcio e aos efeitos da toxidez de Al e Mn (Primavesi, 1980; Raij et al., 1997; Sousa et al., 2007). A importância dos estudos de balanço dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg se deve, portanto, ao fato desses elementos serem exigidos em grande quantidade pelas plantas.

### **2.3.1 Nitrogênio**

A maioria dos cultivos exige quantidades relativamente altas de N. A qualidade e a produtividade das hortaliças podem ser afetadas pela deficiência de N, isto com maior frequência do que qualquer outro elemento essencial (Magalhães, 1988). Por outro lado, o excesso de N, especialmente os fornecidos pelos fertilizantes amoniacais ( $\text{NH}_4^+$ ), tem causado aumento de suscetibilidade das plantas em relação às pragas (Chaboussou, 1987). O fornecimento de doses adequadas de N favorece o crescimento vegetativo, expansão da área fotossinteticamente ativa e eleva o potencial produtivo da cultura. A produtividade das hortaliças herbáceas, cujo produto é constituído por folhas, hastes tenras e inflorescências, é diretamente afetada pela adubação nitrogenada; também, em hortaliças-frutos e hortaliças tuberosas constata-se correlação direta e positiva entre a massa da parte aérea e a produtividade dos frutos e tubérculos, desde que não haja desequilíbrio na nutrição das plantas (Filgueira, 2008).

O N disponível para as plantas é proveniente de diversas fontes, incluindo fertilizantes minerais e orgânicos; mas, geralmente, parte substancial no N disponível ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ) provém da mineralização da matéria orgânica do solo, aproximadamente de 2 a 5% do reservatório de N orgânico total do solo é mineralizado por ano (Camargo et al., 2008; Cantarella et al., 2008; Kiehl, 2008). Ademais, o N é um elemento bastante dinâmico no sistema solo-planta-atmosfera, facilmente lixiviado ou volatilizado (Araújo, 2008). Por isso, para aumentar a

sustentabilidade dos sistemas de produção agrícolas é importante manter em equilíbrio as taxas de entradas e de saídas desse nutriente.

### 2.3.2 Fósforo

Os solos tropicais e subtropicais caracterizam-se pelo alto grau de intemperismo; aproximadamente 36% são deficientes em nutrientes e mais de 25% altamente deficientes em fósforo (Santos et al., 2008). Em solos altamente intemperizados, predominam as formas inorgânicas do fósforo ligado com alta energia (ligações covalentes) à fração mineral do solo; e, a outra parte do fósforo encontra-se nas formas orgânicas estabilizadas física e quimicamente. Entretanto, a biociclagem do fósforo intrassistema pode ser muitas vezes superior à quantidade de fósforo liberada pelo intemperismo. Diferentes formas de fósforo são detectáveis no solo. A formação e o comportamento do fósforo no sistema solo-planta são descritos por diversos autores (Walker & Syers, 1976; Tiessen et al., 1984; Guerra et al., 1996; Novais et al. 2007; Anjos et al., 2008; Santos et al., 2008). Outros autores estudaram a cinética de adsorção e reversibilidade do fósforo fixado no solo (Gonçalves et al., 1985; Campello et al. 1994; Goedert & Oliveira, 2007; Novais & Mello, 2007; Novais et al., 2007; Silva & Mendonça, 2007; Santos et al. 2008). O processo de perda sistêmica da aplicação de fósforo ocorre rapidamente pela formação de P não-lábil e é dependente da capacidade máxima de adsorção do solo (CMAP); quanto maior o tempo decorrido da adição de fósforo e quanto maior a CMAP, maior é a formação de P não-lábil, conseqüentemente, menor é a biodisponibilidade (P lábil e P solução). E, a reversibilidade do P não-lábil em P lábil é pequena – inferior a 2%. A manutenção de níveis adequados de matéria orgânica no sistema solo, portanto, aumenta a biodisponibilidade de P. Além disso, o suprimento mundial de P para fabricação de fertilizantes constitui um recurso não renovável. Por isso, para garantir a sustentabilidade da agricultura é necessário um aproveitamento consciente deste elemento.

### 2.3.3 Potássio

A nutrição adequada de potássio resulta em vários efeitos positivos para as plantas: reduz as desordens fisiológicas, promove o crescimento das raízes, aumenta a resistência às secas e às baixas temperaturas, reduz o ataque das pragas e o acamamento das plantas, aumenta a nodulação e a síntese de proteína, amido, coloração, aroma, vitamina C, sólidos solúveis, além de possibilitar maiores períodos de armazenamento dos alimentos. O íon K não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica da planta, predominantemente, encontra-se como cátion livre ou adsorvido, podendo ser facilmente deslocado das células ou tecidos vegetais. Essa alta mobilidade explica as múltiplas funções do K nos processos metabólicos das plantas (Meurer, 2006; Ernani et al. 2007). Uma vez absorvido, o K pode ser lavado do material orgânico em senescência pela água da chuva e retorna rapidamente para solução do solo quando o organismo morre, onde se torna disponível a outros organismos ou pode ser perdido do sistema por meio da lixiviação (Silva & Ritchey, 1982; Epstein & Bloom, 2006). O K permanece mais na matéria orgânica viva.

Nos solos, o maior reservatório de potássio encontra-se nos silicatos de potássio-alumínio, como a mica e o feldspato, que são formados quando soluções quentes se solidificam perto da superfície da terra. Esses materiais são lentos em liberar potássio para a solução do solo, só uma pequena fração encontra-se prontamente disponível às plantas e microrganismos, nas formas de K-trocável e o K-solução (Epstein & Bloom, 2006; Ernani et al. 2007). Entretanto, mesmo os solos mais intemperizados, a ocorrência de camadas residuais de mica



preservada no interior da estrutura mineral é uma importante fonte de K não-trocável capaz de fornecer quantidades significativas desse nutriente para as plantas. Essa contribuição do K não-trocável no suprimento deste nutriente às raízes é a freqüente razão das relações pouco significativas encontradas entre os resultados das análises de fertilidade química do solo e as respostas às adubações potássicas. O excesso de K pode interferir na absorção de outros cátions pelas plantas (Melo et al., 2003; Meurer, 2006; Ernani et al., 2007; Filgueira, 2008). Além disso, em solos com baixa capacidade de trocas catiônica (CTC), como é a maioria dos solos brasileiros, o K é facilmente perdido por lixiviação, como mencionado. Por isso, há necessidade de se manter equilíbrio entre as taxas de entradas e saídas deste elemento no sistema de produção agrícola.

#### **2.3.4 Cálcio**

Como participante do fenômeno de troca de cátions (CTC), o  $\text{Ca}^{2+}$  é retido nas superfícies com cargas negativas das argilas e da matéria orgânica do solo. Em regiões tropicais de altas precipitações pluviais, muitos solos apresentam tendência à acidificação, pela remoção de cátions de caráter básico do complexo de troca ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ ), e, em conseqüência, o acúmulo de cátions de natureza ácida ( $\text{Al}^{+++}$  e  $\text{H}^+$ ). Os solos cultivados se tornam ácidos devido à lixiviação, perdas de bases pela erosão, oxidação da matéria orgânica, aplicação de fertilizantes (principalmente amoniacais) e por meio da exportação de bases absorvidas pelas culturas. Isto causa a carência de Ca e a concentração em níveis tóxicos de Al, Mn e Fe, que prejudicam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Ademais, a absorção de  $\text{Ca}^{++}$  pode ser diminuída por concentrações relativamente altas de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{NH}_4^+$  (Vitti et al., 2006; Sousa et al., 2007). Em solos com predominância de caulinita e com poder tampão reduzido, a calagem do solo corrige a acidez e a toxicidade, além de suprir cálcio em teores suficientes para a maioria das plantas (Primavesi, 1980; RAIJ et al., 1997; Sousa et al., 2007). Em geral, para o suprimento de Ca, aplicam-se doses de 10 a 200 kg ha<sup>-1</sup> (Raij, 1991). Doses de calcário que variam de 0,5 a 2,0 t ha<sup>-1</sup>, aumentam o pH e o rendimento das culturas, no curto prazo (Primavesi, 1980; Sousa et al., 2007). Para o estado do Rio de Janeiro, não se recomenda aplicações de calcário superiores a 4 t.ha<sup>-1</sup> (Almeida et al., 1988).

Na planta, a maior proporção de Ca encontra-se em formas não solúveis em água, relativamente imóvel, ao contrário do que acontece com o K, não se redistribuindo com facilidade. O cálcio exerce uma função de elemento estrutural da parede celular. A insolubilidade dos compostos de Ca e a sua localização na célula explicam a falta de sua redistribuição (Vitti et al., 2006; Sousa et al., 2007). Assim, em condições de carência do elemento no solo, a deficiência de Ca provoca o aparecimento de sintomas severos nas regiões meristemáticas das raízes e folhas jovens. Nos frutos em desenvolvimento, os sintomas de deficiência de Ca são conhecidos como “podridão apical”, como ocorre no tomate, pimentão e melancia. Em alguns casos, as folhas das plantas apresentam teores normais de Ca, enquanto o fruto se mostra deficiente (Vitti et al., 2006; Filgueira, 2008).

#### **2.3.5 Magnésio**

A maioria dos solos contém Mg suficiente para suportar o crescimento das plantas; porém, pode ocorrer deficiência freqüentemente em solos arenosos sob certas condições: (i)

ácidos ( $\text{pH} < 5,4$ ); (ii) proporção de Mg na CTC  $< 6\%$ ; (iii) alto teor em  $\text{K}^{23}$ ; (iv) relação  $\text{K/Mg} > 4$ ; e, (v) concentração inferior a  $4 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$  (Vitti et al., 2006).

Na planta, o Mg corresponde a 2,7% do peso molecular da clorofila, ficando no centro das clorofilas *a* e *b*. O átomo de  $\text{Mg}^{+2}$  não participa diretamente na bioquímica da molécula de clorofila, sua função parece ser a manutenção da configuração esférica. O Mg é também fundamental na formação e manutenção das estruturas de RNAs e DNA. Ademais, o Mg ativa mais enzimas que qualquer outro nutriente mineral. Em algumas culturas oleráceas mais exigentes (solanáceas) tem sido constatados sintomas carenciais de Mg, chamado de amarelo baixeiro. O Mg é rapidamente translocado das regiões maduras para as partes mais jovens da planta com crescimento ativo (ao contrário do Ca), aparecendo a clorose primeiro nas folhas maduras (Epstein & Bloom, 2006; Sousa et al., 2007; Filgueira, 2008).

## 2.4 Adubação Orgânica

O enfoque da adubação orgânica está direcionado para os efeitos químicos, físicos e biológicos do manejo da matéria orgânica do solo, em longo prazo.

Neste sentido, um aspecto central da produção de hortaliças sob manejo orgânico é a utilização de resíduos vegetais, animais, agroindustriais, rotação de culturas e, sempre que possível, o preparo do solo com o mínimo de revolvimento (Souza & Resende, 2006).

Os teores de nutrientes presentes nos resíduos orgânicos exercem influência sobre a sua composição química e, por conseguinte, sobre as doses a serem aplicadas nas lavouras. Em geral, os adubos orgânicos têm composições relativamente fixas, sendo quase sempre mais rico em nitrogênio, em relação ao fósforo e ao potássio (Kielh, 2008).

O uso eficiente dos resíduos orgânicos depende da taxa de mineralização da matéria orgânica, que disponibiliza os nutrientes no solo para serem aproveitados pelas plantas; exceto para o potássio, que é prontamente disponível.

A taxa de mineralização ou índice de conversão (IC) da matéria orgânica indicam a disponibilidade dos nutrientes às plantas, quando certo percentual do conteúdo do nutriente presente no adubo orgânico passa para a forma mineral. A fração orgânica uma vez mineralizada, os elementos comportam-se de forma semelhante aos nutrientes oriundos de fertilizantes minerais (Kiehl, 1993; Guerra et al., 2008; Silva, 2008).

O índice de conversão (IC) se mostra dependente do nutriente analisado, da composição química do resíduo (proporções entre compostos lábeis e recalcitrantes), do tempo decorrido entre a aplicação do resíduo e a liberação do nutriente nas formas aproveitáveis para as culturas (Silva, 2008). Em geral, o IC varia de aproximadamente 50 até 100%, conforme o nutriente. Há casos, como o potássio, que em com poucos dias de aplicação do resíduo orgânico que 100% da carga do nutriente encontra-se na forma disponível na solução do solo, passível de ser absorvido pelas plantas (Tabela 1).

Normalmente, considera-se que a partir do quarto ano de aplicação do adubo orgânico, a totalidade do N, P e outros nutrientes encontram-se mineralizados; além do potássio, prontamente disponível no primeiro ano.

As quantidades de nutrientes disponíveis para as culturas dependem das doses aplicadas, do efeito residual de cada nutriente e outros fatores. Este aparente inconveniente da taxa de mineralização dos resíduos, a liberação dos nutrientes aos poucos, durante o desenvolvimento da cultura, à semelhança de uma adubação dita de disponibilidade controlada, é compensado pela minimização das perdas de nutrientes por lixiviação, volatilização e fixação.

---

<sup>23</sup> A deficiência de Mg pode ser induzida pela competição com outros cátions ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{Mn}^{2+}$ ).

**Tabela 1** – Índices de conversão de nutrientes na forma orgânica para a mineral, considerando o tempo de aplicação do resíduo no solo.

Nutriente	Período decorrido após aplicação (anos)		
	1	2	3
N	50	20	30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	60	20	20
K <sub>2</sub> O	100	0	0
Ca	50	20	10
Mg	50	20	10
S	50	20	10

Fonte: Adaptado de Kiehl (1993); Ribeiro et al. (1999) apud Silva (2008)

No estudo de Giacomini et al.(2003), a incubação de materiais vegetais por 180 dias foi suficiente para que aproximadamente 80% do P orgânico da ervilhaca e 60% de P-aveia fossem mineralizados. No caso do K, bastaram 80 dias para que toda a carga desse nutriente contida nos resíduos fosse liberada no solo, na forma passível de ser aproveitada pelas culturas.

A prática determina que a quantidade de adubo orgânico aplicado é dependente da disponibilidade de resíduos, dificuldades de manejo e transporte dos materiais. Em geral, as adubações orgânicas variam de 2 a 50 t ha<sup>-1</sup>, considerando o tipo de cultura (Ribeiro et al., 1999 apud Silva 2008).

Para se definir com certa precisão a dose do fertilizante orgânico a ser utilizada no programa de adubação orgânica, sem excessos ou doses menores do que as exigidas do ponto de vista técnico, a melhor opção de cálculo leva em conta a necessidade das culturas e a composição dos adubos orgânicos, entre outros fatores.

As necessidades das culturas podem ser encontradas em tabelas de adubação e composição dos alimentos. E, em relação à composição química da matéria seca dos resíduos orgânicos, na ausência de caracterização da composição elementar dos adubos orgânicos empregados, também se utilizam as informações tabeladas disponíveis na literatura.

Vários são os nutrientes presentes nos resíduos orgânicos que podem ser utilizados para suprir a demanda nutricional das culturas; portanto, torna-se interessante definir a dose de adubo em função do nutriente em maior concentração no resíduo, o que quase sempre recai sobre o nitrogênio, por ser este o elemento químico em maior concentração nos adubos orgânicos comumente utilizados, como mencionado.

Com relação ao grau de compostagem (maturação e humificação), se a matéria-prima orgânica empregada como adubo estiver menos decomposta (pré-composto) apresentará menor reserva de nutrientes prontamente disponíveis, uma vez que parte dos nutrientes nela presente ainda precisa ser mineralizada, após o adubo orgânico ser aplicado no solo (Souza & Resende, 2006; Kiehl, 2008). Segundo Silva (2008), a análise do N-total do adubo orgânico precisa considerar o teor de N mineral (amônio e nitrato), pois quando os teores são maiores que 100 mg.kg<sup>-1</sup>, o excesso de N aplicado pode ser da ordem de 5% a 30%.

## 2.5 Modelos de Fertilização

A avaliação da fertilidade tem por objetivo a quantificação da capacidade do solo em suprir nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas, o que envolve processos de amostragem, métodos de análise, técnicas de diagnósticos dos resultados, modelos de interpretação e recomendação de corretivos e fertilizantes (Cantarutti et al., 2007).

A possibilidade de se obter elevada produtividade vegetal está correlacionada com a quantidade de nutrientes disponíveis para as culturas (Figura 3). A disponibilidade de nutrientes é dividida em cinco faixas (Almeida et al., 1988; Catarutti et al., 2007):

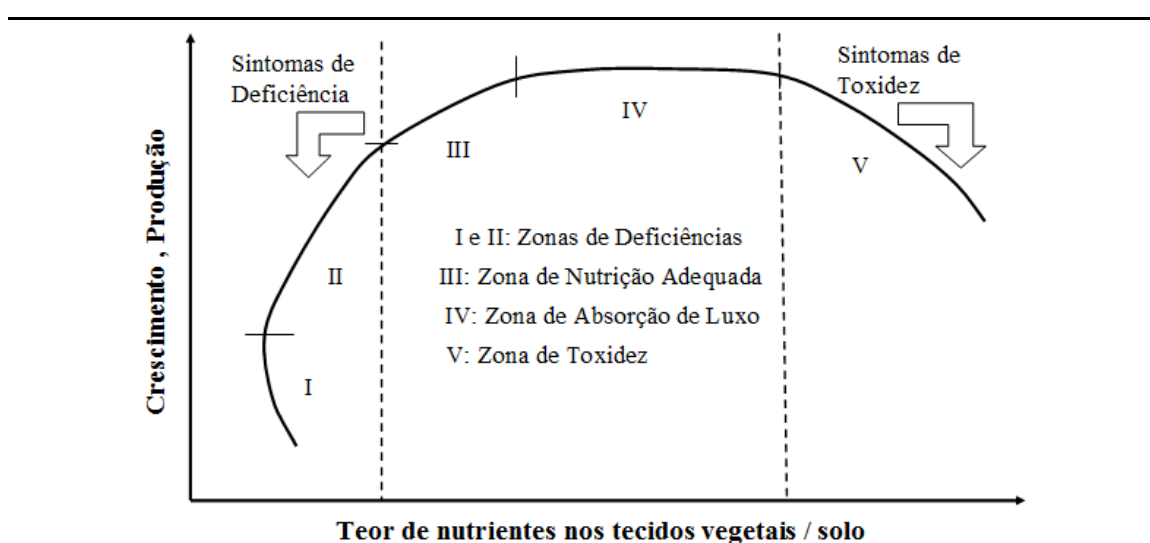
I – Deficiência visível: pequena quantidade do nutriente à disposição do vegetal leva ao aparecimento de sintomas visíveis de deficiência;

II – Deficiência oculta: desenvolvimento aparentemente normal, porém, ao fornecer nutrientes às plantas ocorrem aumentos sensíveis na produção;

III- Teor ótimo: faixa de teores de nutrientes em que a cultura apresenta produtividade elevada;

IV- Consumo de luxo: quantidade alta de nutrientes à disposição do vegetal conduz à alta absorção, mas que não se traduz em incremento na produção;

V – Toxidez: o excesso de nutrientes absorvidos leva a distúrbios metabólicos que podem provocar decréscimo na produção e, em casos extremos, a morte do vegetal.



**Figura 3** – Relação entre a produção e os teores de nutrientes disponíveis para a planta

Fonte: Adaptado de Almeida et al., 1988; Catarutti et al., 2007.

A resposta da planta à aplicação de adubos pode ser, portanto, positiva (aumento da produção), nula ou negativa (diminuição na produção). As respostas positivas das plantas à adubação ocorrem quando o teor do nutriente no solo à disposição da planta é insuficiente para o seu crescimento e desenvolvimento normal; e, o elemento é considerado como um fator limitante. A resposta nula pode ocorrer em dois casos: a) quando o teor do nutriente está na faixa de consumo de luxo; ou, b) quando o teor do nutriente é baixo e a planta não responde a adubação porque existe outro fator limitando a produção, como o potencial genético e o manejo da cultura. A resposta negativa pode ser resultante da existência de teor muito alto do nutriente, o que ocorre mais frequentemente com micronutrientes; ou, então, decorrente da aplicação do adubo provocar problemas de salinidade temporária do solo (Almeida et al., 1988).

Os métodos de diagnóstico da fertilidade do solo podem ser divididos em duas grandes categorias: qualitativos e quantitativos.

Os métodos qualitativos utilizam a diagnose visual, aspersão foliar e ensaios exploratórios em vasos (Almeida et al., 1988). Os métodos quantitativos utilizam modelos empíricos e modelos teóricos mecanísticos (Almeida et al., 1988; Catarutti et al., 2007).

Os modelos empíricos essencialmente relacionam as análises químicas da planta e do solo com a resposta da produção vegetal à aplicação do nutriente, a partir da observação de experimentos de campo. A recomendação da adubação se faz por meio da verificação da dose recomendada do nutriente para a cultura alcançar certa produtividade, em determinada classe de fertilidade química do solo. Normalmente, as orientações para a fertilização das culturas são sistematizadas em tabelas, constantes nos manuais de adubação.

Os modelos teóricos mecanísticos, baseados nos princípios e mecanismos da nutrição de plantas, foram propostos para que as recomendações de fertilizantes sejam mais confiáveis do ponto de vista técnico, em razão da complexidade da relação solo-planta. Estes modelos matemáticos são mais propensos a evoluírem à medida que avança o conhecimento científico sobre a disponibilidade e absorção dos nutrientes pelas plantas. Segundo Oliveira et al.(2005) e Cantarutti et al.(2007), os modelos matemáticos desenvolvidos apresentam três módulos: (i) o primeiro, que estima a demanda ou requerimento nutricional (REQ); (ii) o segundo, que estima o suprimento de nutrientes (SUP); e, (iii) o terceiro, que calcula o balanço entre o requerimento e o suprimento ( $\Delta S = REQ - SUP$ ). Assim, se a diferença entre o requerimento do nutriente (REQ) pela cultura e o seu suprimento pelo solo (SUP) for positiva ( $REQ > SUP$ ), recomenda-se a aplicação de fertilizante; se for negativa ou nula ( $REQ \leq SUP$ ), não se recomenda a aplicação de fertilizante. Testes de validação dos modelos têm revelado recomendações de fertilização compatíveis com as tabelas de adubação.

## 2.6 Balanço de Nutrientes

O monitoramento dos sistemas de produção através do balanço de nutrientes dos cultivos gera informações que subsidiam à tomada de decisão principalmente dos agricultores sobre possíveis inovações para a melhoria do manejo da fertilidade do solo

O balanço parcial de nutrientes é um indicador que descreve as mudanças nos estoques e fertilidade do solo sob certo tipo de manejo, que é obtido pela diferença entre as entradas (input) e as saídas (output) de nutrientes do sistema de produção:

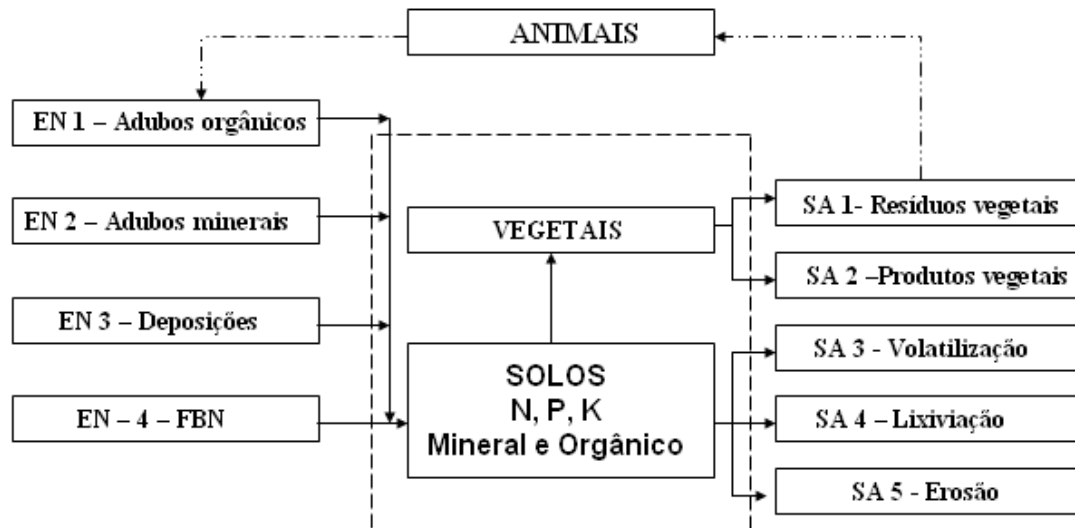
$$\text{Balanço} = \Delta S = \sum_{\text{In} = 1}^{\text{N}} (\text{Entradas de nutrientes}) - \sum_{\text{Out} = 1}^{\text{N}} (\text{Saídas de nutrientes})$$

O balanço de nutrientes tem sido usado em diversos estudos, com diferentes abordagens e em situações bastante distintas (Araújo, 2008).

Em 2003, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Union*) realizou uma conferência para divulgação de informações sobre o balanço de nutrientes em diversas em regiões do mundo.

Dentre as colaborações, destaca-se o modelo *NUTMON* (*NUTrient MONitoring*) proposto por Smaling et al. (1993). Conceitualmente, o balanço de nutrientes pelo método *NUTMON* consiste na quantificação dos fluxos de entradas e saídas de nutrientes de maior relevância, sendo aplicado em diferentes escalas, tais como: glebas, propriedades, regiões e país (Araújo, 2008).

As entradas consistem de fertilizantes, mineral e orgânico, deposição por águas das chuvas e irrigações, sedimentos, fixação de nitrogênio e sedimentação pela água da irrigação. E, as saídas consistem em produtos e resíduos das culturas, lixiviação, desnitrificação e erosão (Figura 4).



**Figura 4** – Esquema simplificado do balanço de nutrientes de um sistema de produção vegetal em estabelecimento com integração agricultura-pecuária.

Fonte: Adaptado de FAO (2003)

As principais limitações dos modelos de balanço de nutrientes estão relacionadas com as equações de transferências utilizadas para se estimar as perdas de nutrientes por volatilização, lixiviação e erosão, que devem ser validadas para as condições dos estudos, podendo superestimar ou subestimar os valores obtidos (Faerge & Magid, 2004; Araújo, 2008); e, também para as entradas, principalmente para as estimativas das deposições e fixação biológica de nitrogênio. Ademais, as contribuições de nutrientes do subsolo são ignoradas, por ser de difícil determinação; não obstante esse fluxo, em condições tropicais, representar uma pequena contribuição no balanço total de nutrientes (Van den Bosch, 1998; Araújo, 2008), em curto prazo.

A perda de nutrientes pela erosão acelerada do solo constitui um dos principais fatores responsáveis pela degradação dos solos. Em regiões tropicais, a erosão hídrica tem grande importância, ocasionando a perda de sua camada mais fértil do solo, o que provoca redução da produtividade das culturas. A determinação das perdas de solo por erosão através de métodos diretos é cara e muito demorada. Por isso, existe um grande interesse por métodos de predição da erosão (Araújo, 2008; Bertoni & Lombardi Neto, 2008); geralmente, utiliza-se a Equação Universal de Perda de Solo (USLE - *Universal Soil Loss Equation*). A utilização da USLE ( $E = R.K.L.S.C.P$ ) é condicionada ao conhecimento dos fatores de erosividade das chuvas (R), erodibilidade do solo (K), comprimento de rampa e declive (L.S), uso e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas (P). Desta forma, o conhecimento do valor a ser atribuído a cada fator é indispensável para se ter uma boa estimativa da perda de solo. Dada a importância da erosão e a tolerância de perda do solo na estimativa do balanço de nutrientes, estes assuntos são também apresentados em apêndice (Anexo B).

O cálculo do balanço pode ser realizado com base em uma combinação de dados e equações disponíveis na literatura, por entrevista com o agricultor e por medições de campo. O resultado final é classificado como uma estimativa do balanço parcial de nutrientes.

O balanço de nutrientes negativo implica em maior exportação do que importação de nutrientes para o sistema de produção. Esta situação irá diminuir o estoque de nutrientes, ao longo do tempo. Provavelmente, quando o estoque de nutrientes do solo for baixo, haverá algum efeito negativo na produção vegetal, requerendo intervenções imediatas para o aumento da entrada de nutrientes via adubação.

## 2.7 Balanço de Nutrientes em Sistemas Orgânicos

O balanço de nutrientes em sistemas de produção sob manejo orgânico tem sido estudado em hortaliças, em monocultivos e consórcios de culturas, com e sem adubação verde (Sudo, 1998; Oliveira, 2001).

Em geral, a diferença entre as entradas de macronutrientes via adubações e saídas de nutrientes pelas colheitas apresentam valores positivos; mas, dependendo da cultura, tratamento adotado e do nutriente estudado, o balanço é negativo.

A resposta das hortaliças à adubação orgânica é bastante conhecida, podendo esta substituir satisfatoriamente os fertilizantes minerais (Watts & Watts, 1945), sendo os efeitos benéficos do esterco relativos às características químicas, biológicas e físicas dos solos (Almeida et al., 1988; Santos et al., 2008).

Aplicações de 10 a 50 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral ou composto orgânico (metade para esterco de aves) são comumente recomendadas para o cultivo de olerícolas, sendo as doses menores para solos mais férteis e culturas menos exigentes. Entretanto, para solos de baixa fertilidade e cultivos mais exigentes, como para o cultivo do aspargo em solos arenosos, as doses recomendadas variam de 100 até 150 t ha<sup>-1</sup> (Almeida et al., 1988).

Omori & Sugimoto (1978), verificaram um aumento significativo no rendimento de hortaliças utilizando 50 t ha<sup>-1</sup> de esterco de bovino; mas, em certas condições, doses altas de 100 e 150 t ha<sup>-1</sup> reduziram o crescimento.

A utilização de adubações de 10 até 50 t ha<sup>-1</sup> promove o aumento linear na produtividade de hortaliças, repolho principalmente; além disso, verifica-se o encurtamento do ciclo das culturas (Oliveira, 2001; Oliveira et al, 2005).

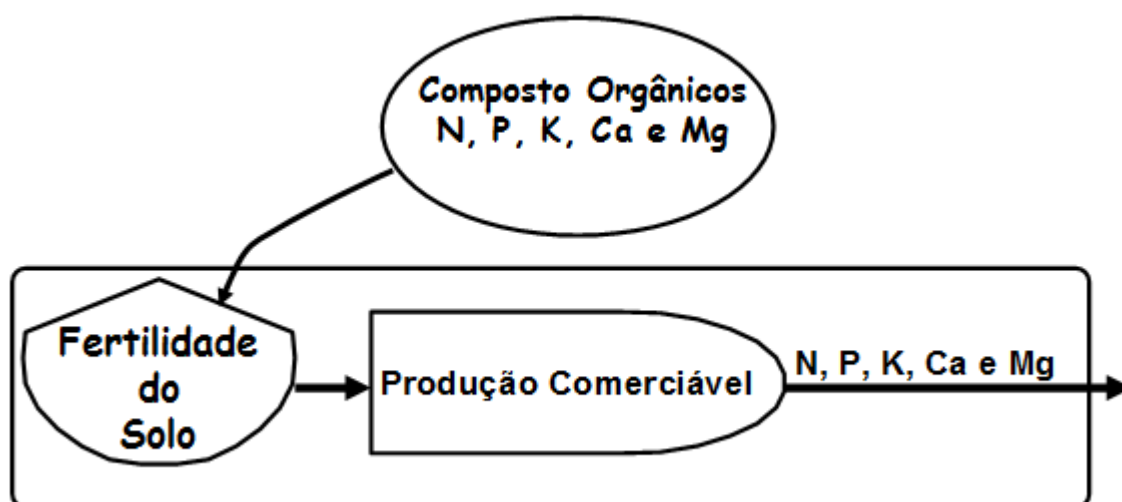
Contudo, as pesquisas sobre o balanço de nutrientes de olerícolas sob manejo orgânico ainda são escassas. Ademais, mesmo nos sistemas onde o balanço é positivo, há necessidade de ajustes na relação entre a entrada e a saída de nutrientes; ou seja, é fundamental que o balanço de nutrientes seja equilibrado, ao longo do tempo, que quantidades adequadas de adubos sejam aplicadas evitando perdas de nutrientes, a fim de atender aos requisitos de sustentabilidade pressupostos pela agricultura orgânica.

### 3 MATERIAL E METODOS

Para o estudo sobre o balanço parcial de nutrientes de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico foram selecionadas cinco (5) unidades certificadas pela Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO), na Região Serrana Fluminense <sup>24</sup>.

#### 3.1 Cálculo do Balanço de Nutrientes

O balanço aparente de nutrientes foi determinado a partir dos principais fluxos de elementos (N, P, K, Ca e Mg) dos sistemas de produção, calculados por uma combinação de dados, obtidos por meio de entrevistas com o produtor, medições diretas de campo e informações da literatura (Figura 5).



**Figura 5** – Diagrama do balanço de nutrientes dos sistemas de produção

O balanço aparente de nutrientes ( $\Delta S = \text{Entradas} - \text{Saídas}$ ) foi calculado pela diferença da quantidade de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) que entra no sistema via composto orgânico e a saída de nutrientes pelo conteúdo exportado nas partes das plantas comercializadas, ambos com base no peso seco.

Normalmente, estes são os dois principais fluxos estudados nos balanços de nutrientes de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, como os trabalhos realizados por Sudo (1998) e Oliveira (2001).

As quantidades de composto aplicado e de produtos comercializados foram obtidas através de informações do agricultor e monitoramento de campo das unidades de produção estudadas, durante o período de um ano (Janeiro a Dezembro de 2008).

O total de nutrientes aplicados (N, P, K, Ca e Mg) foi calculado através da multiplicação dos teores no composto pela quantidade anual utilizada, com base na matéria seca. E, para os nutrientes exportados pelas colheitas, igualmente, foi calculado considerando os teores médios de nutrientes em cada produto multiplicado pelas respectivas quantidades vendidas, com base na matéria seca.

<sup>24</sup> O procedimento e justificativas da seleção das unidades produtivas estão descritos na Introdução Geral.



Os valores orçados para as entradas e saídas de nutrientes dos sistemas de produção foram transformados e contabilizados em termos de peso por hectare por ano ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), para cada unidade de produção estudada.

Em suma, o balanço parcial do nutriente foi calculado através da diferença entre a quantidade do nutriente que entrou via composto e a quantidade que saiu pelas vendas de produtos, ambos com base na matéria seca. Desta forma, foi avaliada a tendência das mudanças nos estoques dos nutrientes nos solos dos sistemas de produção estudados.

Contudo, em função da importância da perda de solo para o balanço de nutrientes, a magnitude da erosão hídrica foi calculada pela Equação Universal de Perdas do Solo – USLE ( $E=R.K.L.S.C.P$ ), de acordo com Bertoni & Lombardi Neto (2008); mas, utilizando-se os fatores recomendados para as condições de estudo, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro. Isto é: para o **fator de erosividade (R)** foi considerado a média de  $11.000 \text{ MJ. mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , conforme Montebeller (2005). O **fator de erodibilidade (K)** foi determinado pela equação simplificada, de acordo com Roloff & Denardin (1994):  $K = 0,0049 \text{ PER} + 0,0331 \text{ M}^{0,5}$ ; onde:  $M = \text{Teor de silte (g.g}^{-1}) \text{ multiplicado pela soma de silte e areia fina (g.g}^{-1})$  e  $\text{PER} = \text{Permeabilidade do solo}$ . A caracterização física dos solos foi realizada através da análise de uma amostra composta por sistema de produção. As análises granulométricas dos solos foram processadas no laboratório da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), de acordo com o Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 1997). A descrição da permeabilidade (PER) foi codificada em: rápida = 1; moderada a rápida = 2; moderada = 3; moderada a lenta = 4; lenta = 5; e, muito lenta = 6, de acordo com Wischmeier & Smith (1978). O **fator topográfico (LS)** foi calculado pela equação de Bertoni & Lombardi Neto (2008):  $LS = 0,00984 * c^{0,63} * d^{1,18}$ ; onde: 'c' = comprimento de rampa em metros (m) e 'd' = grau de declividade em porcentagem (%). O comprimento da rampa foi medido com o auxílio de trena e o grau de declividade foi medido por meio de nível de mangueira. Para o **fator de uso e manejo (C)** foi utilizado o valor médio ( $C = 0,5$ ), proposto por Bertoni & Lombardi Neto (2008). E, para o **fator de práticas conservacionistas (P)** foram utilizados os seguintes valores médios:  $P = 0,40$  e  $P=0,20$ . Para os sistemas de produção com preparo de terreno mecanizado, canteiros em nível e alternância de capinas foi utilizado o valor P igual a  $0,40$  ( $P=0,40$ ); e, para sistemas de produção com preparo do terreno com covas, plantio em nível e roçadas foi usado o valor de P igual a  $0,20$  ( $P=0,20$ ). A magnitude da erosão calculada pela USLE foi contrastada com a tolerância de perda do solo, de acordo com Bertoni & Lombardi Neto (2008).

Em relação à caracterização da fertilidade química dos solos sob cultivo orgânico, esta foi realizada através de amostras compostas. O número de amostras coletadas variou de 5 a 9 por sistema de produção: sistemas 1 e 2 = 7 amostras; sistema 3 = 9 amostras; sistema 4= 6 amostras; sistema 5= 5 amostras. Os valores dos teores médios dos nutrientes dos solos sob manejo orgânico foram comparados com uma amostra composta dos solos sob vegetação da Mata Atlântica adjacente aos sistemas de produção. As análises químicas das amostras de solos foram processadas de acordo com o Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 1997), nos laboratórios da Embrapa-Agrobiologia.

## 3.2 Análise de Nutrientes dos Compostos Orgânicos e Tecidos Vegetais

As análises dos teores de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) dos compostos e tecidos vegetais foram realizadas nos laboratórios do Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia – Embrapa Agrobiologia, de acordo com os métodos descritos no manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes (EMBRAPA, 1999).

O teor de água, tanto no composto como no tecido vegetal, foi calculado pela fórmula:  $H_2O\% = \{[(PF - PS) / PF] * 100\}$ ; onde PF é o peso fresco e PS o peso seco da amostra

Com base nos teores médios de N, P, K, Ca e Mg nos compostos e nos produtos colhidos foram conduzidas as análises dos balanços aparentes de nutrientes.

### 3.2.1 Amostragem dos compostos orgânicos

O preparo das amostras para análises dos teores de nutrientes no composto orgânico utilizado pelas cinco unidades de produção estudadas foi realizado de acordo com o seguinte procedimento: amostras de dois (2) litros de composto foram coletadas em diversos pontos (no mínimo três) no interior das pilhas de compostagem, colocadas em recipientes plásticos, pesadas no campo com balança eletrônica e acondicionadas em embalagens térmicas.

Seis amostras foram coletadas dos compostos orgânicos no local de confecção e de estocagem nas unidades de produção, sendo cinco amostras de composto produzido em São José do Vale do Rio Preto, preparado com resíduos da criação e matadouros de frangos e ‘cama de cavalo’; e, apenas uma amostra foi realizada para caracterização do composto produzido pela única unidade de produção que prepara o seu próprio composto para suas necessidades.

As amostras de compostos coletadas foram levadas para o laboratório, no prazo de dois dias. No laboratório, uma parte da amostra foi pesada e seca à 65° C em estufa de ventilação de ar forçada até alcançar peso constante. Depois de secas, as amostras dos compostos orgânicos foram pesadas novamente, passadas em moinho de faca e acondicionadas em recipientes plásticos para serem analisadas quanto aos teores de N, P, K, Ca e Mg.

### 3.2.2 Amostragem dos tecidos vegetais

O preparo das amostras para análises dos teores de N, P, K, Ca e Mg nos tecidos vegetais exportados foi realizado de acordo com o seguinte procedimento: amostras de 50 até 350 g de produto fresco (conforme o tipo de produto) foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel e, imediatamente, foram pesadas com balança digital, no galpão ou na casa do agricultor.

Em seguida, as amostras de tecidos foram lavadas com água potável e retirado o excesso de água com centrífuga manual de plástico; posteriormente, foram acondicionadas em embalagens de papel e levadas para o laboratório, no prazo de dois dias. Durante este período, as amostras dos tecidos vegetais embaladas foram conservadas em geladeira.

No laboratório, as amostras de tecidos vegetais foram pesadas novamente e secas à 65° C em estufa com ventilação de ar forçada até a estabilização do peso. As amostras dos tecidos vegetais secos foram cominuídas em moinho de faca e, em seguida, foram acondicionadas em recipientes de plástico. Uma alíquota das amostras de tecidos vegetais secos e moídos foi analisada quanto aos teores de N, P, K, Ca e Mg.

As amostras de tecidos vegetais foram coletadas preferencialmente durante os dias de colheita dos produtos para o mercado, formando uma coleção representativa dos 36 principais produtos exportados pelas cinco unidades de produção estudadas (Tabela 2).

**Tabela 2** – Esquema de amostragem de 36 produtos coletados nos sistemas de produção

<b>Produto</b>	<b>Produtor</b>	<b>Meses</b>	<b>Produto</b>	<b>Produtor</b>	<b>Meses</b>		
1	Abobrinha Italiana	1; 3	2; 4; 10	19	Chuchu	4; 5	1; 2; 3; 4; 5
2	Agrião	1	4; 5; 7; 9; 10	20	Couve Manteiga	1	4; 5; 7; 9
3	Aipo	1	5; 9; 10	21	Couve Chinesa	1; 2	1; 5; 9; 10
4	Alface Americana	1; 2	1; 2; 3; 4; 5; 7; 9	22	Couve Flor	1; 3	5; 7; 9; 10
5	Alface Crespa	1; 2; 3	1; 2; 3; 4; 5; 7; 9; 10	23	Espinafre	1	1; 2; 3; 4; 5; 7; 9; 10
6	Alface Lisa	1; 2; 3	2; 3; 4; 5; 7; 9	24	Hortelã/ Menta	3	2; 3; 4; 7; 9; 10
7	Alface Lolo	1	2; 3; 3; 5; 7; 10	25	Manjeriçã	1	2; 3; 4; 10
8	Alho Porró	1	2; 3; 4; 7; 9; 10	26	Nabo	2	4; 7
9	Aneto	1	2; 3; 4	27	Pimentão Verde	1; 2	1; 2; 3
10	Batata Inglesa	1; 3	2; 5	28	Quiabo	4	1; 2; 3; 4
11	Bertalha	1	2; 3; 5	29	Rabanete	1; 3	2; 3; 5; 10
12	Beterraba	1; 3	2; 3; 4; 5; 7; 9; 10	30	Repolho	1; 2; 3	3; 4; 7; 9; 10
13	Brócolis Americana	1; 2; 3	1; 3; 4; 5;	31	Repolho Roxo	1	7; 9; 10
14	Brócolis Ramoso	1; 2; 3	1; 2; 3; 4; 5; 7; 9; 10	32	Rúcula	1	2; 4; 9; 10
15	Cebolinha	1; 3	2; 3; 4; 9	33	Salsa	1; 3	1; 2; 3; 4; 5; 7; 9; 10
16	Cenoura	1; 2; 3	1; 2; 3; 4; 5; 7; 10	34	Tomate	4; 5	2; 3; 4; 5
17	Chicória	1	2; 3; 4; 10	35	Tomilho	1	2; 3; 4; 7; 9; 10
18	Chicória Radicchio	1	1; 2; 3; 4	36	Vagem Manteiga	1; 2	3; 4

No total, foram coletadas 269 amostras dos tecidos vegetais das partes das plantas exportadas pelas colheitas e folhas índices para análise dos teores de N, P, K, Ca e Mg que serviram de base para obtenção da média do conteúdo destes nutrientes por produto comercializado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, são apresentados e discutidos os orçamentos das entradas de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) via fertilização orgânica (composto) e, em seguida, os orçamentos das saídas de nutrientes representados pelas exportações da produção comercial. Posteriormente, são apresentados e discutidos os balanços parciais de nutrientes, calculados pela diferença entre as entradas e as saídas. Finalmente, são calculadas as perdas de solo por meio da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) e as magnitudes são comparadas com a tolerância de perdas dos solos.

### 4.1 Entradas de Nutrientes Via Fertilizantes Orgânicos

Os cinco sistemas de produção de olerícolas estudados utilizam apenas compostos orgânicos nos seus itinerários técnicos de fertilização; embora, todos tenham histórico de aplicação de corretivos e fertilizantes industriais, principalmente quando as terras eram exploradas convencionalmente, antes da conversão para o manejo orgânico. Portanto, em nenhum sistema de produção houve adição de fertilizante mineral, tão somente foram aplicados compostos orgânicos, durante o período de acompanhamento das unidades produtivas, nem em anos anteriores mais recentes.

Os sistemas de produção utilizam composto próprio ou comprado. O composto próprio é preparado na unidade de produção, utilizando ‘cama’ de aviário, capins e outros resíduos vegetais e animais. E, o composto comprado é preparado com resíduos de abatedouro de aves e ‘cama de cavalo’, oriundo do município de São José do Vale do Rio Preto.

Os teores de nutrientes nos compostos orgânicos utilizados nas unidades de produção estudadas foram os seguintes (Tabela 3):

**Tabela 3** – Tipos e teores de nutrientes dos compostos utilizados (em g kg<sup>-1</sup> de matéria seca)

Tipo de composto <sup>(1)</sup>		N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)
1	Próprio	10,24	11,75	11,75	25,90	3,70
2	SJVRP – comprado	43,66	2,57	3,20	25,80	2,34

<sup>(1)</sup> Média de cinco (5) amostras para o composto SJVRP e a média de uma amostra com replicata para o composto próprio.

As quantidades de compostos orgânicos aplicados nas unidades de produção, em toneladas, foram as seguintes (Tabela 4):

**Tabela 4** – Quantidades de compostos utilizados nas unidades de produção estudadas durante o ano de 2008.

Unidade de Produção	Composto utilizado		SAU <sup>(1)</sup> (ha)	Quantidade de Composto (Mg. ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	
	Tipo <sup>(2)</sup>	Toneladas		Úmido	Seco
1	SJVRP	38,5	0,7	55	33,4
2	SJVRP	14,0	0,7	20	12,2
3	SJVRP	21,0	0,8	26	16,0
4	Próprio	2,4	0,3	8	4,0
5	SJVRP	3,2	0,4	8	4,9

<sup>(1)</sup> SAU: Superfície Agrícola Útil, área média anual. <sup>(2)</sup> A unidade de produção número 4 utiliza composto próprio de cama de galinha, enquanto os demais sistemas de produção utilizam o composto comprado em São José do Vale do Rio Preto.

## 4.2 Saídas de Nutrientes pelas Colheitas

Os teores médios de água e nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) de 36 produtos exportados das cinco unidades de produção foram os seguintes (Tabela 5):

**Tabela 5** – Conteúdo de água nos produtos frescos e teores de nutrientes na matéria seca

Produto	Item	Teores						
		H <sub>2</sub> O %	Ca	Mg	P	K	N	
		(g/kg)						
1	Abobrinha Italiana	M <sup>(1)</sup>	97	6,98	4,15	14,53	45,33	42,6
		DP <sup>(2)</sup>	1	4,57	0,52	5,26	2,25	6,50
2	Agrião	M	91	16,96	3,78	7,24	23,60	50,8
		DP	4	4,15	0,93	1,73	14,69	13,2
3	Aipo	M	91	14,05	2,43	5,18	48,00	31,2
		DP	5	5,52	0,20	1,65	3,00	5,80
4	Alface Americana	M	94	7,99	2,49	6,60	23,40	29,2
		DP	3	4,30	1,23	2,60	14,79	8,3
5	Alface Crespa	M	94	9,20	3,48	7,03	32,85	38,2
		DP	2	2,85	1,01	1,67	18,07	6,6
6	Alface Lisa	M	93	10,29	4,09	7,35	29,37	37,7
		DP	3	3,51	1,65	1,83	18,69	9,6
7	Alface Lolo	M	94	7,85	2,75	5,98	42,63	36,2
		DP	2	1,94	1,11	1,74	13,72	5,4
8	Alho Porró	M	91	8,10	2,37	4,46	28,54	30,5
		DP	3	4,78	1,17	1,68	14,12	7,7
9	Aneto	M	88	10,68	4,58	6,26	29,92	50,7
		DP	1	1,61	1,35	1,90	14,87	5,9
10	Batata Inglesa	M	81	1,59	1,57	4,05	5,86	16,3
		DP	1	0,65	0,11	1,37	5,86	8,2
11	Bertalha	M	91	8,42	5,47	5,15	18,44	35,9
		DP	3	6,21	2,58	2,33	16,59	10,8
12	Beterraba	M	88	1,68	2,36	4,60	16,43	25,2
		DP	3	0,97	0,97	1,53	9,04	7,2
13	Brócolis Americana	M	92	14,81	2,07	8,18	14,60	50,3
		DP	1	9,66	0,41	0,72	12,72	8,1
14	Brócolis Ramoso	M	89	10,23	2,31	8,24	19,62	54,9
		DP	2	5,22	0,69	2,19	10,12	6,7
15	Cebolinha	M	88	8,86	1,65	5,73	23,56	30,1
		DP	10	1,51	0,53	2,02	5,31	9,1
16	Cenoura	M	91	8,04	2,03	5,77	21,86	19,9
		DP	2	7,50	1,56	2,10	12,90	8,5
17	Chicória	M	93	9,14	2,78	5,36	38,10	32,6
		DP	2	2,11	1,62	1,57	12,92	7,4
18	Chicória Radicchio	M	92	8,79	1,86	7,45	93,88	31,7
		DP	1	5,47	0,46	1,17	96,08	3,1
19	Chuchu	M	95	7,60	1,95	8,62	22,65	28,1
		DP	3	3,49	0,48	1,89	16,76	6
20	Couve Manteiga	M	87	25,95	2,91	4,13	19,34	50,1
		DP	3	9,50	1,11	1,21	13,37	7,9
21	Couve Chinesa	M	94	14,50	2,08	8,57	24,83	36,6
		DP	3	6,39	0,65	3,07	19,25	8,4
22	Couve Flor	M	91	8,04	1,38	5,45	21,53	36,6
		DP	1	6,70	0,20	1,39	14,25	3,9

<sup>(1)</sup> M = Média. <sup>(2)</sup> DP = Desvio Padrão.

**Tabela 5** – Continuação.

Produto	Item	H <sub>2</sub> O %	Teores					
			Ca	Mg	P	K	N	
			(g/kg)					
23	Espinafre	M	93	15,36	8,23	6,61	41,84	42,5
		DP	3	4,37	3,75	1,77	21,92	5,6
24	Hortelã/ Menta	M	85	14,36	4,44	5,55	32,13	43,2
		DP	4	6,38	1,19	1,62	16,13	5,9
25	Manjericão	M	88	16,63	5,85	4,82	19,35	41,1
		DP	3	6,91	2,70	1,95	8,38	6,1
26	Nabo	M	92	4,14	1,84	5,69	15,00	28,9
		DP	0	2,92	0,16	0,76	18,38	4,5
27	Pimentão Verde	M	95	2,33	1,66	7,32	20,96	32,7
		DP	1	1,13	0,55	1,30	13,76	2,6
28	Quiabo	M	93	11,75	3,62	7,79	20,07	31,7
		DP	2	9,23	0,88	1,16	12,82	4,5
29	Rabanete	M	95	22,12	2,48	7,00	39,10	33,6
		DP	1	26,74	1,20	1,56	10,60	5,7
30	Repolho	M	92	6,08	1,35	3,37	20,50	26,3
		DP	3	1,68	0,23	0,62	7,96	6,7
31	Repolho Roxo	M	89	4,62	1,52	4,84	30,33	31,7
		DP	2	1,70	0,55	0,93	4,73	13,3
32	Rúcula	M	88	18,81	5,85	6,00	41,31	46,5
		DP	5	8,97	3,57	2,00	15,21	5
33	Salsa	M	85	10,30	3,34	5,22	38,88	37,9
		DP	5	4,27	0,97	1,34	16,85	3,9
34	Tomate	M	95	4,14	2,10	8,18	21,40	31,8
		DP	2	4,16	0,96	2,29	20,20	8,7
35	Tomilho	M	77	6,89	3,36	4,06	26,83	34,8
		DP	5	1,69	1,17	1,34	15,44	5,2
36	Vagem Manteiga	M	93	4,50	2,75	6,42	13,88	38,1
		DP	1	0,21	1,06	0,45	1,59	3,3

<sup>(1)</sup> M = Média. <sup>(2)</sup> DP = Desvio Padrão.

Os teores médios dos nutrientes determinados para os produtos orgânicos contrastados com a Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos – TACO (Lima et al.; 2006), observou-se que os teores de nutrientes são compatíveis, para o sortimento de 23 produtos orgânicos e os mesmos produtos convencionais constantes na TACO; embora haja variações, isto pode ser explicado pelos diferentes cultivares, condições climáticas durante o período de crescimento, composição química do meio (solo), entre outros fatores.

Ademais, os teores de nutrientes exportados pelas olerícolas orgânicas ficaram acima dos níveis críticos de deficiência para hortaliças, de acordo com Magalhães (1988). Isto explica, em parte, não se ter observado nenhum sintoma visual importante de deficiência de nutrientes (ou desordem nutricional) das plantas nos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados.

### 4.3 Balanço de Nutrientes

As quantidades de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) exportados por sistema de produção e por produto encontram-se apresentados em apêndice (Anexo B).

O balanço aparente de nutrientes das cinco unidades estudadas indica que quatro sistemas de produção (1, 2, 3 e 5) apresentaram resultados positivos para todos os nutrientes (N, P, K, Ca e Mg); mas, o sistema de produção número 4 apresentou déficit para N (Tabela 6).

O nitrogênio foi deficitário no sistema de produção 4, que apresentou nível médio de matéria orgânica no solo ( $C = 11,9 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e teor de N total de  $1,4 \text{ g.kg}^{-1}$ . Então, pode-se conjecturar que apenas a dinâmica de mineralização da matéria orgânica do solo fosse capaz de suprir o déficit de N<sup>25</sup>.

Nota-se que os parâmetros C e N apresentados pelo sistema de produção 4 mostraram-se superiores quando comparados com o solo da mata. Ademais, todas as unidades de produção apresentaram melhorias na fertilidade dos solos sob manejo orgânico, tomando os solos das matas do entorno como referências (Tabela 7).

**Tabela 6** – Balanço aparente de nutrientes das unidades de produção considerando as entradas no composto orgânico e as saídas nos produtos comercializados, em 2008.

Unidade de Produção	Item	Matéria Seca ( $\text{kg. ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ )	Quantidades de nutrientes exportados				
			N	P	K	Ca	Mg
			(kg. ha <sup>-1</sup> . ano <sup>-1</sup> )				
1	Composto	33.425,76	1.459,52	85,89	106,96	862,38	78,22
	Produção	1.638	55,56	9,74	38,93	16,65	4,68
	$\Delta S$	-	1.403,96	76,15	68,03	845,73	73,53
2	Composto	12.154,82	530,74	31,23	38,90	313,59	28,44
	Produção	1.285,84	44,87	8,40	27,09	11,26	2,89
	$\Delta S$	-	485,87	22,83	11,81	302,34	25,55
3	Composto	15.953,20	696,59	40,99	51,05	411,59	37,33
	Produção	2.264,55	71,53	13,14	45,60	16,60	6,02
	$\Delta S$	-	625,06	27,85	5,45	394,99	31,31
4	Composto	4.000,00	40,96	47,02	47,00	103,60	14,80
	Produção	2.131,70	53,14	16,14	42,34	14,21	3,69
	$\Delta S$	-	-12,19	30,88	4,66	89,39	11,11
5	Composto	4.861,93	212,29	12,49	15,56	125,44	11,38
	Produção	892,67	25,38	0,38	1,27	0,51	0,14
	$\Delta S$	-	186,92	12,11	14,29	124,93	11,23

**Tabela 7** – Características químicas dos solos manejados e da mata, na camada de 0,00 a 0,20 cm de profundidade.

Unidade de produção	Sítio	pH Água	C-orgânico $\text{g.kg}^{-1}$	Ca <sup>++</sup> e Mg <sup>++</sup> $\text{Cmol.c.dm}^{-3}$	K <sup>+</sup> $\text{mg.dm}^{-3}$	P disponível $\text{mg. dm}^{-3}$	N total $\text{g.kg}^{-1}$
1	Mata	4,80	17,2	0,40	33,00	1,60	0,18
	Olericultura	5,52	15,7	3,93	64,50	78,73	0,18
2	Mata	4,50	16,9	0,40	35,00	2,30	0,21
	Olericultura	5,66	33,3	6,92	50,93	130,43	0,31
3	Mata	5,40	13,4	0,50	33,00	3,90	0,16
	Olericultura	6,12	22,7	11,23	79,17	756,12	0,24
4	Mata	3,66	10,4	0,48	34,00	1,34	0,13
	Olericultura	6,03	11,9	3,70	179,67	139,12	0,14
5	Mata	3,94	12,0	0,29	30,00	2,62	0,17
	Olericultura	6,19	13,0	5,30	114,60	318,71	0,15

<sup>25</sup> Considerando o teor de nitrogênio total de 0,14% na camada de 0-20 cm de profundidade, uma taxa de mineralização de apenas 0,5% por ano forneceria N suficiente para equilibrar o sistema; portanto, o déficit de N é baixo, em relação a taxa de mineralização de, no mínimo, 0,02 ano<sup>-1</sup>.

Os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados apresentaram históricos de aumento da fertilidade dos solos capazes de suportar certo déficit anual; mas, as entradas de nutrientes deficitárias devem ser aumentadas para equilibrar os sistemas, a médio e longo prazo. Particularmente, para o déficit de N apresentado pelo sistema de produção 4 sugere-se a intensificação da adubação verde, plantios comerciais de leguminosas e aumento do teor de N no composto para melhoria da disponibilidade de nitrogênio e da sustentabilidade.

#### 4.4 Perdas de Solos

Os nutrientes exportados pela erosão acelerada dos solos são importantes de serem verificados no balanço de nutrientes dos sistemas de produção; além da determinação do risco de erosão e a previsão das perdas de solos serem subsídios para o planejamento agrícola e ambiental de uma região.

Os resultados dos cálculos da erosão através da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) indicaram que os manejos conservacionistas adotados pelas unidades de produção estudadas minimizaram as perdas de solos (Tabela 8).

**Tabela 8** – Perdas de solos das unidades de produtivas, em toneladas (Mg. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)

Unidade de produção	Fatores da USLE <sup>(1)</sup>					Erosão
	R	K	LS	C	P	Mg. ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
1	11.000	0,019091	0,006774	0,5	0,40	0,284504
2	11.000	0,025521	0,007917	0,5	0,40	0,444530
3	11.000	0,023572	0,005449	0,5	0,40	0,282578
4	11.000	0,017623	0,023443	0,5	0,20	0,454455
5	11.000	0,017509	0,023443	0,5	0,20	0,451498

<sup>(1)</sup> Os cálculos e justificativas para os valores dos fatores utilizados são apresentados em apêndice (Anexo B).

As perdas de solos das unidades de produção variaram de 0,28 até 0,45 Mg. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; portanto, bastante abaixo dos limites de tolerância, mesmo para solos pouco profundos (4 Mg. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), de acordo com Bertoni & Lombardi Neto (2008). Ainda, a erosão pode ser menor que as indicadas pela USLE, que tende a superestimar as perdas de solo, devido à redistribuição do solo na área (Araújo, 2008).

A conservação dos solos sob manejo orgânico, portanto, tem mantido as perdas de solo por erosão em níveis bastante aceitáveis, o que deve contribuir para as explorações de olerícolas sob manejo orgânico manterem-se produtivas, em longo prazo.

Desta forma, vimos que os orçamentos de nutrientes em sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico realizados encontram-se parcialmente limitados às entradas via fertilizantes orgânicos e as saídas pelas partes das plantas exportadas, devido às dificuldades (subjetivas) de obtenção de dados primários e/ou equações de transferência validadas para as condições de estudo, tanto para considerar de forma adequada outros fluxos de entradas, como os aportes pelas chuvas, fixação biológica de nitrogênio e intemperismo, quanto para outros fluxos de saídas, como as perdas por fixação, lixiviação e volatilização, que possibilitariam uma análise mais complementa do balanço de nutrientes.



## 5 CONCLUSÕES

O balanço aparente de nutrientes é uma ferramenta para o diagnóstico rápido sobre o fluxo de nutrientes em determinado período, frente à impossibilidade de uma análise completa, e gera um conjunto de informações importantes sobre as tendências de mudanças dos estoques dos nutrientes e da fertilidade do solo, permitindo o planejamento de programas de adubação capazes de manter as colheitas em níveis satisfatórios e melhorias da sustentabilidade, do ponto de vista nutricional.

A maioria dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico apresenta balanço parcial positivo (sistemas 1, 2, 3 e 5) para os nutrientes N, P, K, Ca e Mg, considerando apenas a diferença entre as entradas via adubação orgânica e as saídas nos produtos comercializados. No sistema 4, detecta-se baixo déficit anual de N, portanto, o suprimento deste nutriente deve ser suplementado pela adubação orgânica ao longo do tempo.

Os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados apresentam históricos de aumento da fertilidade química dos solos para os nutrientes N, P, K, Ca e Mg, considerando os solos sob vegetação da Mata Atlântica do entorno como referências.

Evidencia-se que os sistemas de produção de olerícolas orgânicas estudados são capazes de manter a fertilidade do solo em níveis adequados para a produção de alimentos de qualidade, em longo prazo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J. C. Fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 738-768.
- ALMEIDA, D. L.; SANTOS, G. de A.; DE-POLLI, H. CUNHA, L. H.; FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; PEREIRA, N. N. C.; EIRA, P. A.; BLOISE, R. M.; SALEK, R. C. Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do estado do Rio de Janeiro, 1988. 179 p.
- ALTIERI, M. A. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba,RS: Agropecuária, 2002. 592p.
- ANJOS, L. H. C.; PERREIRA, M. G.; FONTANA, A. Matéria orgânica e pedogênese. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O [Eds.]. Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais. 2ª ed. Porto Alegre: Metrópolis, 2008. p.65-865.
- ARAÚJO, E. S. da. Validação do modelo NUTMON para o diagnóstico do manejo agrícola: estudo em duas propriedades familiares do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008. 99p. (Tese)
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. de T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (ed). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 253-280.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; TEIXEIRA, J. L./ FERNANDES FILHO, E. I. NUTRICALC 2.0 – Sistema para cálculo del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para El cultivo de eucalipto. Bosque, 16: 129-131, 1995.
- BAYER, C. MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais. 2ª ed. SANTOS, G. A de. et al.[Eds]. Porto Alegre: UFRGS, 2008. p.7-26.
- BENNETT, H. H. Soil conservation. New York: McGraw, 1939. 993p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 6 ed. São Paulo: Icone, 2008. 355 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. BENATTI Jr., R. Equação de perdas do solo. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1975. 25p. (Boletim Técnico 21).
- BLAIR. G.J.; LEFROY, R.D.B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and development of a carbon management index for agricultural systems. Aust. J. Agric. Res., 46:1459-1466, 1995.
- CAMARGO, F. A. O.; SILVA, L. S.; GIANELLO, M. J.; TEDESCO, M. J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais. 2ª ed. SANTOS, G. A de. [Ed]. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.87-99.
- CAMPELLO, M. R.; NOVAIS, R. F.; FERNÁNDEZ R. I. E.; FONTES, M. P. F.; BARROS, N. F. Avaliação da reversibilidade de fósforo não-lábil para lábil em solos com diferentes características. R. Bras. Ci. Solo, 3: 141-144, 1994.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.;
- CANTARELLA, H.; ANDRADE, C. A.; MATTOS JUNIOR, D. Matéria orgânica do solo e disponibilidade de N para as plantas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O [Ed.]. Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais. 2ª ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.581- 595.
- CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 375-470.
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendações de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 769- 845.
- CHABOUSSOU, F. Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos, a teoria da trofobiose. Porto Alegre: L&PM, 1987. 256p.
- CERRI, C. C.; ANDREUX, F.; EDUARDO, B. P. O ciclo do carbono no solo. In: Cardoso, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (coord.). Microbiologia do solo. Capinas: Soc. Bras. Ci. Solo, 1992. 360p.

- DORAN, J. W. Soil quality and sustainability. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26, 1997. CDRom. Rio de Janeiro: SBCS, 1997.
- DROZDOWICZ, A. Bactérias do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1997. p.19-65.
- EHLERS, E. Agricultura sustentável, origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo: Terra, 1996. 178p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.. Recomendações técnicas para o cultivo da soja na Região Central do Brasil. (Documentos 96). Londrina: Centro Nacional de Pesquisa da Soja, 1996. 164p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 306p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Zoneamento Agroecológico do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 113p. (Boletim de Pesquisa de Desenvolvimento. n. 33).
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 3ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L.; ABOUD, A. C. de. Adubação verde com leguminosas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 49p. (Coleção Saber).
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. dos. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 551-594.
- FAERGE, J.; MAGID, J. Evaluating NUTMON nutrient balancing in Sub-Saharan África. Nutrient Cycling in Agroecosystems v. 69, p.101-110, 2004.
- FERNANDES, M. S. [org.]. Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.
- FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Absorção de nutrientes. In: FERNANDES, M. S. (ed). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 115-152.
- FERNANDÉZ R.I.; NOVAIS, R. F.; NUNES, F. N.; KER, J. C. Reversibilidade de fósforo não-lábil em solos submetidos à resução microbiana e química. II – Extração sucessivas de fósforo pela resina de troca aniônica. Rev. Bras. Ci. Solo, 32:2319-2330, 2008.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Assessment of soil nutrient balance. approaches and methodologies, 2003. Fertilizer and plant nutrition bulletin 14, 87p.
- FILGUEIRA, F. A. REIS. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.
- GARRELS, R. M.; MACKENZIE, F. T.; HUNT, C. Chemical cycles and the global environment. Los Altos: Kaufmann, 1975. 206p.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HUBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, F.; AMARAL, E. B. Liberção de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.38, p.1097-1104, 2003.
- GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos e agricultura sustentável. 3ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 653p.
- GOEDERT, W. J.; OLIVEIRA, S. A. de. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 991-1017.
- GONÇALVES, J. L. M.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; RIBEIRO, A. C. Cinética de adsorção de fósforo em solos do cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 9:107-111, 1985.

- GONÇALVES, J. L. M.; FIRME, D. J.; NOVAIS, R. F.; RIBEIRO, A. C. Cinética de transformação de fósforo lábil em não-lábil, em solos do cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 13:13-24, 1989.
- GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; SANTOS, G. A.; FERNANDES, M. S. Conteúdo de fósforo orgânico em amostras de solos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 31, p.291-299, 1996.
- GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O [Ed.]. Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais. 2ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 654p.
- GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L. Managing carbon and nitrogen in tropic organic farming through green manuring. Strategies and tactics of sustainable agriculture in the tropics. v.2, p.125-140, 2004
- HOA, N. M.; JANSSEN, B. H.; OENEMA, O.; DOBERMANN, A. Comparison of partial and complete soil K budgets under intensive Rice cropping in the Mekong delta, Vietnam. Agriculture, Ecosystems and Environmet, 116 (2006) 121-131.
- HUDSON, N. W. Soil conservation. New York: Cornell University, 1973. 320 p.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Balanço hídrico climático. [www.inmet.gov.br/html/agro](http://www.inmet.gov.br/html/agro). (acesso em 01.12.2008)
- JU, X. T.; KOU, C. L.; CHRISTIE, P.; DOU, Z. X. ZHANG, F. S. Change in the soil environment from excessive application of fertilizers and manures to two contrasting intensive cropping systems on the North China Plain. Environmental Pollution, 145 (2007) p. 97-506.
- JOURAIPHY, A. AMIR, S.; EL GHAROUS, M.; REVEL, J. C.; HAFIDI, M. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformation during composting of sewage sludge and green plant waste. International Biodeterioration & Biodegradations, v.56, p.101-108, 2005.
- KIEHL, J. E. Manual de edafologia, relações solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Ceres, 1985. 492p.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes organominerais. Piracicaba: edição do autor, 1993. 189p.
- KIEHL, E. J. Adubação orgânica, 500 perguntas e respostas. Piracicaba: Degaspari, 2008. 217p.
- LAL, R.; PIRCE, F. J. The vanishing resource. In: LAL, R.; PIRCE, F. J. (eds). Soil management for sustainability. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1991. p.1-5.
- LARSON, W. E. ; PIRCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W. et al. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: ASA/SSSA, 1994. p.37-51.
- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. R. Bras. Ci. Solo, 27:821-832p, 2003.
- LIKENS, G. E.; DIRSCOLLI, C. T.; BUSO, D. C.; SICCAMA, T.G.; JOHNSON, C.E.; LOVETT, G. M.; RYAN, D. F.; FAHEY, T.; REINERS, W. A. The biogeochemistry of potassium at Hubbard Brook. *Biochemistry*, 25: 61-125, 1994.
- LIMA, W. P. Ação das chuvas no ciclo biogeoquímico de nutrientes em plantações de pinheiros tropicais e em Cerradão. Piracicaba: IPEF, n.30, p.13-17, 1985.
- LIMA, D. M.; COLUGNATI, F. A. B.; PADOVANI, R. M.; AMAYA, D. B. R.; SALAY, E.; GALEAZZI, M. A. M. Tabela brasileira de composição de alimentos (versão 2). Campinas: UNICAMP, Ministério da Saúde, 2006. 105p.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Tolerância de perdas de terra para solos do estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 28).
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, 2007. p. 1-64.
- LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Carbono e nitrogênio adicionados e sua relação com o rendimento do milho e estoques destes elementos no solo em sistemas de manejo. Rev. Bras. Ci. do Solo, v.28, p.175-187, 2004.

- LUENGO, R. de F.A.; PARMAGNANI, R.M.; PARENTE, M.R.; LIMA, M.F.B.F. Tabela de composição nutricional das hortaliças. Brasília: Embrapa, 2000. 4p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 26).
- MAGALHAES, J. R. Diagnose de desordens nutricionais em hortaliças. Brasília: EMBRAPA, 1988. 64p.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, 2007. p. 1-64.
- MEURER, E. J.; KÄMPF, N.; ANGGHINONI, I. Fontes potenciais de potássio em alguns solos do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 20: 40-47, 1996.
- MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (ed). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 281-298.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O [Ed.]. Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais. 2ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 654p.
- MONTEBELLER, C. A. Variabilidade Espacial do Potencial Erosivo das Chuvas no Estado do Rio de Janeiro. 2005. 103 p. (Dissertação, Mestrado em Agronomia-Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2005
- NACHTIGALL, G. R.; DECHEN, A. R. Elementos essenciais e benéficos as plantas superiores. In: FERNANDES, M. S. (ed). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 1-5.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, 2007. p. 133-204.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., (Eds). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, 2007. p. 471-552.
- ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434p.
- ODUM, H. T. Environmental accounting, emergy and environmental decision making. New York: John Wiley, 1996. 370p.
- OLIVEIRA, F. L. Manejo orgânico da cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. capitata): adubação orgânica, adubação verde e consorciação. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001. 87p. (Dissertação de Mestrado).
- OLIVEIRA, F. L.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA D. L.; RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; PADOVAN, M. P.; RIBEIRO, R. L. D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalária, sob manejo orgânico. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 23, n. 2, p. 186-190, 2005).
- OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; CANTARUTTI, R. B. Desenvolvimento de um sistema para recomendação de adubação para a cultura da bananeira. R. Bras. CI. Solo, 29: 131-143, 2005.
- OMORI, S.; SUGIMOTO, M. Studies on the use of large quantities of cattle and chicken manure for horticultural crops. IV – The effects of fresh manure applied year after year on growing vegetables and the maximum amount tolerate. Bulletin of the Kanagawa Horticultural Experiment Station, Kanagawa, v. 25, p59-68, 1978.
- PIEGNÉ, J.; GIRARDIN, P. Environmental impact of farm-scale composting practices. Water, air, and soil pollution, v.153. p.45-68, 2004.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo. São Paulo: Nobel, 1980. 541.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Potafós, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2 ed. boletim técnico nº 100. Campinas: IAC, 1997. 285p.
- RANZINI, M.; LIMA, W. de P. Comportamento hidrológico, balanço de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com *Eucalyptus*, no Vale do Paraíba, SP. Scientia Forestalis, n.61, p.144-159, 2002.

- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. eds. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa, Comissão de Fertilidade de Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 259p.
- REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. Soil & Tillage Research, v.43. Amsterdam: 1997. p.131-167.
- REIS, V. M.; OLIVEIRA, A. L. de M. BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M. S. (ed). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 253-174.
- SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 636p.
- SCOONES, I.; TOULMIN, C. Soil nutrient balances: what use for policy? Agriculture, Ecosystems and Environment, 71 (1998). p.255-267.
- SILVA, C. A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O [Ed.]. Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais. 2ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 654p.
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. de S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, 2007. p. 275-374.
- SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1997. 524p.
- SILVA, J. E.; RITCHEY, K. D. Acumulação diferencial de potássio em Óxisolos devido a lavagem do nutrientes das plantas. R. Bras. Ci. Solo, 6:183-188, 1982.
- SIMERJ. Sistema de meteorologia do Estado do Rio de Janeiro. Normais climatológicas (1961-1990) da região serrana. Acesso: [www.cbmerj.rj.gov.br/simerj/clima\\_normais/precip\\_serra.htm](http://www.cbmerj.rj.gov.br/simerj/clima_normais/precip_serra.htm) (01.12.2008).
- SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, 2007. p. 205-274.
- SOUZA, J. L.; RESENDE, P. Manual de horticultura orgânica. 2 ed. Viçosa: Aprenda fácil, 2006. 843 p.
- STANFORD, G. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. Journal of Environmental Quality, v.2, p.159-166, 1973.
- SUDO, A. Viabilidade agronômica de consórcios de olerícolas sob manejo orgânico. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001. 87p. (Dissertação de Mestrado).
- TIESSEN, H.; STEWARD, W.B.; COLE, C.V. Pathways of phosphorus transformation in soils of differing pedogenesis. Soils Science Society of América Journal, Madison, v.48, p.853-858, 1984.
- VICTORIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. A. T. O ciclo do nitrogênio. In: Cardoso, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (coord.). Microbiologia do solo. Capinas: Soc. Bras. Ci. Solo, 1992. 360p.
- VLAMING, J., VAN DEN BOSCH, H., VAN WIJK, M.S., DE JAGER, A., BANNINK, A.; VAN KEULEN, H. Monitoring nutrient flows and economic performance in tropical farming systems (NUTMON) – Part I: Manual for the NUTMON-Toolbox. Wageningen, The Netherlands, Alterra. 2001
- VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S. (ed). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 1-5.
- WATTS, R. L.; WATTS, G. S. Cole crops. In: The vegetables growing business. New York: Orange Judd, 1945. p.212-247.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide planning. Washington, D. C., USDA, 1978. 58p. (Handbook 537)
- WALKER, T. W.; SYERS, J.K. The fate of phosphorus during pedogenesis. Geoderma, Amsterdam, v.15, p.1-19, 1976.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISE EMERGÉTICA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE OLERÍCOLAS SOB MANEJO ORGÂNICO**

## RESUMO

A disponibilidade de alimentos produzidos pela chamada agricultura industrial, herança da Revolução Verde, depende de um fluxo constante de recursos naturais não renováveis, principalmente de energia fóssil e outros derivados do petróleo, que logo não serão capazes de atender a demanda crescente; isto desencadeará um aumento irreversível nos preços, tornando os sistemas de produção-comercialização convencionais de alimentos bastante vulneráveis, podendo comprometer a qualidade de vida da população, sobretudo os pobres. A necessidade de mudança de paradigma na agricultura foi evidenciada na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, RIO-92, quando a grande maioria dos países membros reconheceu a necessidade de agregar o conceito de sustentabilidade ao atual padrão de produção agrícola, comprometendo-se com a Agenda 21. Em adendo, uma nova ferramenta científica – a análise emergética – quantifica a sustentabilidade dos sistemas de produção e seus indicadores são úteis para o planejamento dos agroecossistemas e necessários para subsidiar políticas públicas para o desenvolvimento de modelos de produção agrícolas sustentáveis, com base nos princípios da Agroecologia. Este trabalho tem como objetivo revelar o diagnóstico emergético de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico na Região Serrana Fluminense. Cinco unidades produtivas foram selecionadas entre os sistemas certificados pela Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO), localizadas nos municípios de Petrópolis e São José do Vale do Rio Preto. Uma unidade de produção estudada é um sistema de produção e comercialização do tipo familiar-empresarial, em cadeia curta. As demais unidades produtivas são sistemas de produção familiares, cuja comercialização de produtos é realizada por meio de intermediários, em cadeias longas. A avaliação do desempenho emergético dos sistemas de produção observou as três etapas metodológicas recomendadas: (i) elaboração de diagrama sistêmico; (ii) construção de tabela para cálculo da emergia total; e, (iii) discussão dos indicadores emergéticos. A análise dos fluxos emergéticos indicou: emergia total (Y) variando de 1,72 a 6,24 E+17 seJ.ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>; transformidade (Tr) de 6,72E+06 a 3,14E+07 seJ/J; alta renovabilidade (R% = 60 a 85%); taxa de intercâmbio (EER) variando de 1,93 até 12,09; alta relação benefício/custo (ESI variando de 3,54 até 39,71). Isto revela que os sistemas produtivos estudados têm potencial para contribuir com o crescimento econômico sem ocorrência de perturbação grave ao equilíbrio ambiental. A maior eficiência da transformação da energia na cadeia produtiva orgânica pode ser alcançada por meio do aumento da produção comercializada; porém, as estratégias de desenvolvimento dos sistemas de produção e comercialização devem restringir os investimentos em recursos não renováveis, para melhoria da sustentabilidade no longo prazo.

**Palavras-chaves:** Sustentabilidade. Análise emergética. Olericultura orgânica.



## ABSTRACT

The food availability produced by so-called industrial agriculture, an inheritance from the Green Revolution, depends on a constant flow of non-renewable natural resources, primarily fossil fuel energy and other petroleum derivatives that will not be able to meet the growing demand; this will trigger an irreversible price increase, turning the marketed-production of conventional foods quite vulnerable, and can compromise the quality of life, especially the life of the poor people. The need for a change in the agriculture paradigm was evidenced in the United Nations Conference for the Environment Development, RIO-92, when the great majority of member countries recognized the necessity to add the concept of sustainability to the current pattern of agricultural production, complying with Agenda 21. By addendum, a new scientific tool - the emergy analysis - quantifies the sustainability of production systems, and its indicators are useful for the planning of agroecosystems, and are necessary to subsidize public policy for the development of models for sustainable agriculture based on the principles of agroecology. This research's objective is to reveal the emergy diagnosis of horticultural systems under organic management in the highland area (mountainous region Fluminense) of the Rio de Janeiro State, Brazil. From all systems, were selected five productive units certified by the Biological Farmers Association of the State of Rio de Janeiro (ABIO), the selected systems are located in the counties of Petrópolis and São José do Vale do Rio Preto. A studied production unit (number 1) is a system of production and marketing of a small family-business type, in short chain. The other productive units (numbers 2, 3, 4 and 5) are family production systems, where the products are marketed by intermediaries, in long chains. The performance evaluation of the emergy production systems followed the three recommended methodological stages: (i) elaboration of a systemic diagram; (ii) constructing emergy tables to calculate total emergy, and (iii) discussion of emergy indicators. Emergy flow analysis indicated the following: total emergy (Y) ranging from 1,72 to 6,24 E+17 seJ.ha<sup>-1</sup>year<sup>-1</sup>; Transformity (Tr): 6.72 E+06 to 3.14 E+07 seJ/J; high renewability (%R = 60 to 85%); Emergy Exchange Ratio (EER) ranging from 1,93 to 12,09; high benefit/cost (ESI - Emergy Sustainability Index) ranging from 3,54 to 39,71. These indicators show that the studied production systems can contribute to economic growth without causing serious disturbance to the environmental balance. The greater emergy transformation efficiency in the organic production chain can be achieved by increasing commercialized production; but, to improve long term sustainability, the development strategies for commercialized production must restrict investments in non-renewable energy resources.

**Key words:** Sustainability. Emergy analysis. Organic horticulture.

## 1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de alimentos produzidos pela chamada agricultura industrial, herança da revolução verde, depende de um fluxo constante de recursos naturais não renováveis, principalmente de energia fóssil. Diversos pesquisadores informam que atingimos o pico máximo de extração do petróleo e, em consequência, a produção agrícola e industrial que depende dessa matéria-prima começará a declinar em breve, logo os derivados do petróleo não serão capazes de atender a demanda crescente (Odum, 1996; Sevilha Guzman, 2003; Gliessman, 2005; Ortega, 2005). Esta situação deve ativar um aumento irreversível nos preços da energia fóssil, tornando o sistema de produção-comercialização convencional de alimentos bastante vulnerável, podendo comprometer a qualidade de vida da população, sobretudo os pobres.

A necessidade de mudança de paradigma na agricultura foi evidenciada na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, RIO-92, quando a grande maioria dos países membros reconheceu a necessidade de agregar o conceito de sustentabilidade ao atual padrão de produção agrícola, comprometendo-se com a Agenda 21.

Segundo Assis (2002), como os sistemas de produção agrícola de tipo ecológico têm apresentado resultados satisfatórios do ponto de vista econômico e social, a agricultura orgânica é uma alternativa viável. Todavia, para o desenvolvimento desses modelos é essencial a avaliação da sustentabilidade, observados os princípios, conceitos e métodos agroecológicos.

A Agroecologia é uma ciência que estuda os processos agronômicos, ecológicos e socioeconômicos dos agroecossistemas, que tem recebido contribuições de diversas áreas do conhecimento.

A Análise Emergética é uma ferramenta científica de avaliação quantitativa da sustentabilidade energética de sistemas de produção, cujos indicadores são úteis para o planejamento de agroecossistemas.

Energia (com m), derivado de memória energética, é definida como a quantidade de energia previamente utilizada, direta ou indiretamente, em determinados processos, para gerar um produto, bem ou serviço; expressadas as contribuições ambientais e econômicas em uma única base, comumente em termos de Joules de energia solar equivalente (seJ) ou emjoule - *emergy joule* - (Odum, 1996; Brown & Ulgiati, 2004).

Neste sentido, objetivo deste trabalho de pesquisa foi avaliar de forma quantitativa a sustentabilidade de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, em estabelecimentos familiares, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro.

Os resultados da análise emergética aplicados às cinco unidades produtivas foram comparados entre si para visualizar alternativas que sejam adequadas a estes agroecossistemas, visando melhorar a sustentabilidade dos sistemas de produção estudados.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

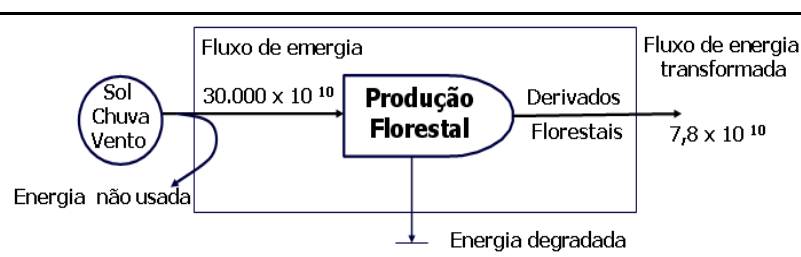
No passado, muitos esforços de avaliação energética de sistemas de produção falharam por considerar iguais, em sua capacidade de trabalho, diferentes tipos de energia. Em outras palavras, ao considerar-se que a quantidade de Joules proveniente de qualquer fonte (energia solar, vento, carvão, hidrogênio, plantas, animais e pessoas) tem a mesma capacidade de trabalho, se ignora o trabalho prévio realizado e a hierarquia universal da energia (Odum & Odum, 2000a).

A energia é organizada hierarquicamente no universo. Em qualquer processo de transformação da energia, vários Joules (1 caloria = 4186 Joules) de um tipo de energia de menor qualidade são requeridos para a geração de uns poucos Joules de outro tipo de energia de maior qualidade. Isto é, muitos Joules de energia solar são necessários para formar um Joule de produto vegetal. Muitos Joules de biomassa vegetal são requeridos para produzir um Joule de biomassa animal; muitos Joules de matéria orgânica para gerar um Joule de combustível fóssil, e, assim por diante.

Quando a energia e a matéria são transformadas, uma parte delas é degradada e dispersada, outra parte forma um produto com menor quantidade de energia, porém, de maior qualidade. Essa energia de maior qualidade faz parte de estrato superior da estrutura hierárquica universal da energia (Odum & Odum, 2000a; Odum & Odum, 2000b; Brown & Ulgiati, 2004).

Desde a década dos 60, utiliza-se o termo energia incorporada (*embodied energy*) para expressar a energia requerida para gerar um produto (Odum, 1996); porém, esse termo era usado independentemente da forma de cálculo da energia agregada. Em 1983, foi proposto um novo termo (“*emergia*” derivado de “*energy memory*”) para especificar o método de avaliação energética que considera a *emergia* como a medida universal do trabalho da natureza e da sociedade. A *emergia* do recurso utilizado é expressa em Joules de energia solar equivalente (seJ) ou emjoules (*emergy joule*), uma abreviação do termo inglês (Odum, 1996; Brown & Ulgiati, 2004).

A *emergia* mede a quantidade de *exergia*<sup>26</sup> usada na geração de recursos naturais, matérias-primas agrícolas, bens industriais, serviços ou informação. Ela estima a magnitude do trabalho (Odum, 1996; Ortega, 2005); por exemplo: a *emergia* de uma floresta é a quantidade de Joules de energia solar requeridos para produzi-la, ao longo do tempo. Doherty et al. (1995) *apud* Odum (1996) estimaram o trabalho da natureza pelo fluxo de *emergia* solar ( $30.000 \times 10^{10}$  seJ/ha.ano<sup>-1</sup>) que é necessário para formar um estoque de lenha de  $7,8 \times 10^{10}$  J (*exergia*) (Figura 1).



**Figura 1** – Diagrama de uma plantação de Pinho, na Suécia.

**Fonte:** Adaptado de Doherty et. al. 1995 *apud* Odum, 1996.

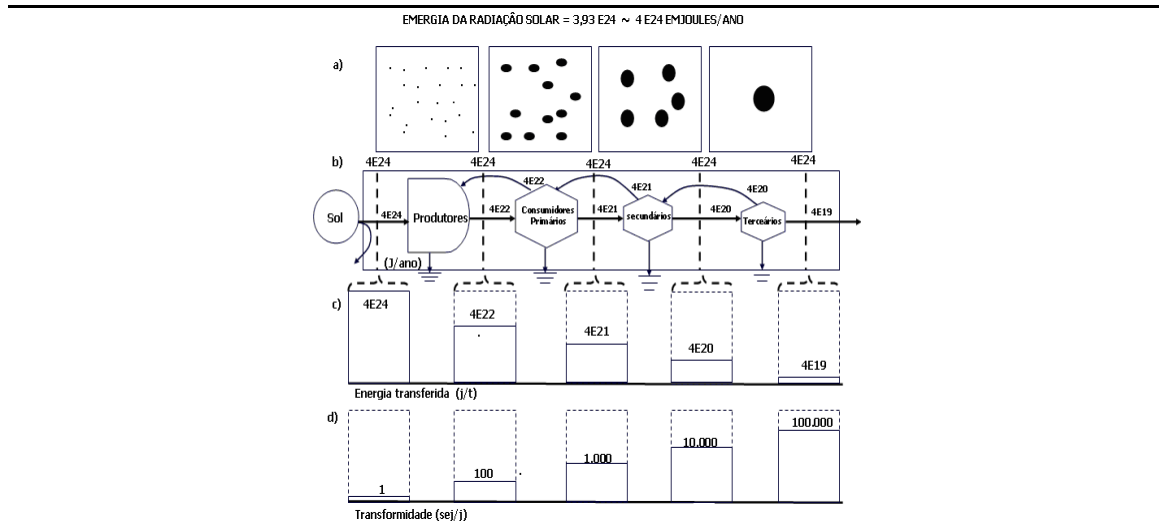
O valor do fluxo de energia solar usada (*emergia*) dividido pela energia do estoque produzido (*exergia*) determina a transformidade (*Tr*) do processo de formação do produto ( $Tr =$

<sup>26</sup> Exergia ou energia disponível ou, ainda, energia potencial são termos usados como sinônimos.

energia/exergia), expressada em termos de emjoule por Joule (seJ/J); portanto, a transformidade da produção florestal mencionada é igual a 3.846 seJ/J.

A transformidade é um indicador da posição hierárquica da energia, matéria ou informação; sendo que, por definição, a transformidade da energia solar absorvida pela terra é igual a um (1 seJ/J), ou seja, uma unidade (Odum, 1996; Brown & Ulgiati, 2004).

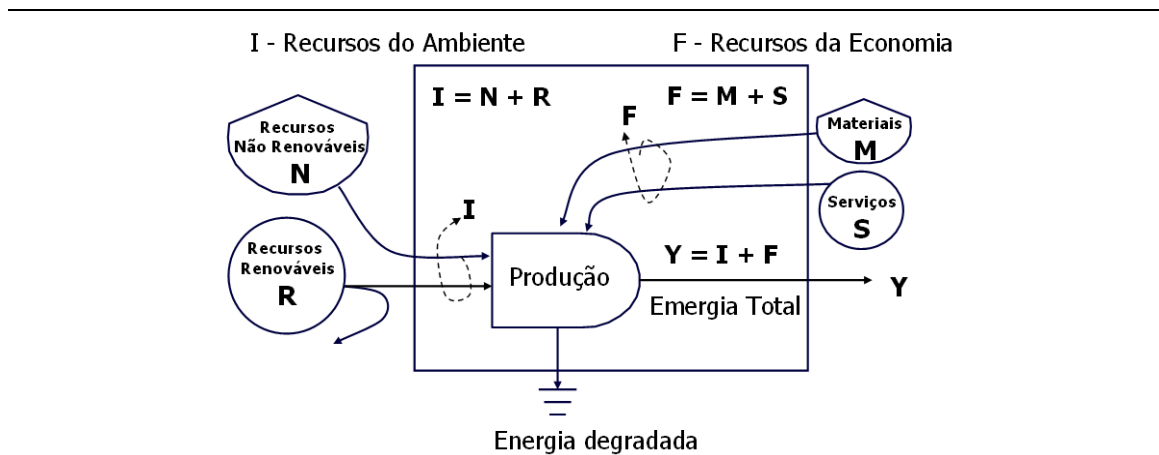
No processo de transformação, a energia transferida dentro da cadeia decresce, pois parte da energia é degradada, enquanto a transformidade do produto cresce (Figura 2).



**Figura 2** – Hierarquia energética. (a) Vista espacial das unidades formadas no processo de transformação da energia e seus territórios de influência. (b) Energia transferida através da rede alimentar e retroalimentação. (c) Energia transferida. (d) Transformidades solares.

Fonte: Adaptado de Odum, 1996; Brown & Ulgiati, 2004.

Em geral, os sistemas de produção necessitam de insumos comprados no mercado, enquanto as contribuições da natureza são fornecidas gratuitamente, sendo estes fluxos representados por meio de um diagrama emergético (Figura 3).



**Figura 3** - Diagrama resumido de um sistema de produção genérico.

Fonte: Adaptado de Odum 1996; Brown & Ulgiati, 2004.

A metodologia emergética mede as contribuições do meio ambiente (I) e as econômicas (F). Normalmente, os fluxos de energia, massa, dinheiro e informações estão expressos em unidades diferentes (J/ano; kg/ano e \$/ano, respectivamente) e não podem ser comparados. A solução da contabilidade emergética é colocar todos os fluxos em termos de energia solar equivalente (seJ), utilizando fatores de conversão (transformidades). Os valores das

transformidades encontram-se disponíveis na literatura especializada (livros, manuais e artigos científicos).

A conversão dos fluxos de entrada em uma base comum (emjoules solares - seJ) através das transformidades permite que os recursos utilizados no sistema de produção possam ser somados e divididos para se realizar a contabilidade emergética (Tabela 1).

Caso a transformidade de algum recurso utilizado não seja conhecida, ela terá que ser calculada por meio da avaliação emergética correspondente.

**Tabela 1** – Transformidades solares

Item	Transformidade	Unidade	Referência
Energia solar (insolação)	1	seJ/J	Odum & Harding, 1991.
Agrotóxicos (pesticidas)	2,49 E10	seJ/g	Brown & Ulgiati, 2004; Souza, 2006
Água de poços	1,76 E05	seJ/J	Odum, 2000; Cavalett, 2006.
Alimentos, hortifrutigranjeiros, grãos.	24 E03 a 200 E03	seJ/J	Odum & Harding, 1991.
Calcário	1,68 E12	seJ/kg	Odum, 1996; Cavalett, 2006.
Calcário	2,72 E06	seJ/J	Brown & Ulgiati, 2004; Souza, 2006
Chuva	3,06 E04	seJ/J	Brown & Ulgiati, 2004; Souza, 2006.
Combustível (Álcool)	1,39 E05	seJ/J	Brown & Ulgiati, 2004; Souza, 2006.
Combustível (Diesel, lubrificantes)	1,10 E05	seJ/J	Odum, 1996; Cavalett, 2006.
Combustível (Gasolina, GLP)	1,85 E05	seJ/J	Brown & Ulgiati, 2004; Souza, 2006.
Eletricidade	3,36 E05	seJ/J	Odum, 1996; Cavalett, 2006.
Energia mecânica das ondas e das marés	17 E03 a 7,39 E04	seJ/J	Odum & Harding, 1991. Brown & Ulgiati, 2004
Energia geotérmica	1,20 E04	seJ/J	Brown & Ulgiati, 2004
Estercos	2,65 E04	seJ/J	Ortega, 2004; Agostinho, 2005
Fertilizantes	6,38 E09	seJ/kg	Brown & Ulgiati, 2004; Souza, 2006
Fósforo	2,99 E13	seJ/kg	Odum, 1996; Cavalett, 2006.
Herbicidas	1,31 E15	seJ/kg	Odum, 1996; Cavalett, 2006.
Informação e Serviços	10 E03 a 10 E12	seJ/J	Odum & Harding, 1991.
Mão-de-obra simples	1,1 E07	seJ/J	Odum 1996, Cavalett, 2006.
Nitrogênio (industrial)	7,73 E12	seJ/kg	Odum, 1996; Cavalett, 2006.
Outros minerais usados como adubos	1,71 E12	seJ/kg	Odum, 1996 ; Agostinho, 2005
Perdas de solo (erosão)	1,24 E05	seJ/J	Brown & Ulgiati, 2004; Souza, 2006.
Potássio	2,92 E12	seJ/kg	Odum, 1996; Cavalett, 2006.
Vento	2,45 E03	seJ/J	Odum, 2000; Cavalett, 2006.

## 2.1 Procedimentos Básicos para Avaliação Emergética

A análise emergética de um sistema de produção considera as seguintes etapas metodológicas: (i) elaboração de diagrama do sistema; (ii) construção de tabela para cálculo dos fluxos de energia; (iii) discussão dos indicadores emergéticos (Odum, 1996; Brown & Ulgiati, 2004).

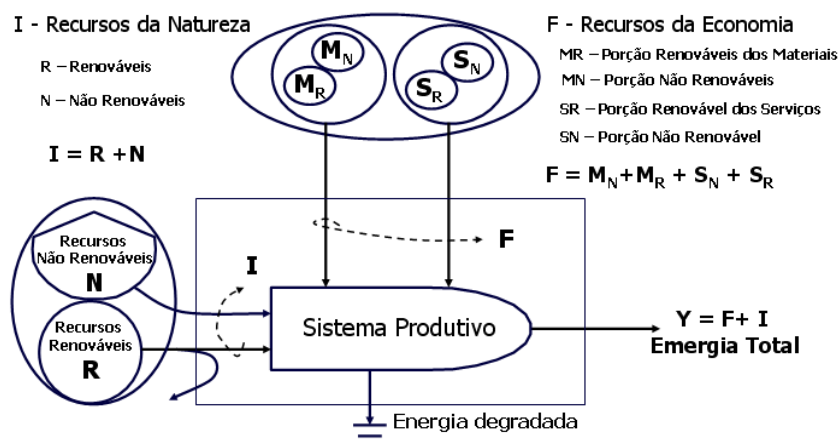
### 2.1.1 Diagrama sistêmico

O desenho do diagrama deve identificar os limites do sistema observado, os componentes (entradas, estoques, saídas) e as interações entre eles, utilizando a linguagem simbólica de fluxos emergéticos<sup>27</sup>. O diagrama sistêmico resumido destaca os principais fluxos

<sup>27</sup> A linguagem simbólica pode ser consultada em Odum, 1996.

energéticos relativos às contribuições da natureza ( $I=N+R$ ) e aos recursos da economia ( $F=M+S$ ) que somados compõem a energia total ( $Y=I+F$ ).

Segundo Ortega (2002), para melhor caracterizar os sistemas agroecológicos, os fluxos de bens e serviços da economia devem ser subdivididos em renováveis ( $M_R$ ,  $S_R$ ) e não renováveis ( $M_N$ ,  $S_N$ ) (Figura 4).



**Figura 4** - Diagrama de um sistema de produção genérico considerando a porção renovável e não renovável dos recursos da economia

Fonte: Adaptado de Ortega et al., 2002.

Dependendo do modo de produção, os insumos econômicos têm diferentes frações de renovabilidade<sup>28</sup>. A análise emergética pode ser mais fidedigna se considerar a renovabilidade parcial de cada fluxo de entrada (Ortega *et al.*, 2002) (Tabela 2).

**Tabela 2** – Classificação dos fluxos energéticos.

Fluxo	Descrição
<b>I:</b> Contribuições da natureza	$I = R + N$
R: recursos renováveis da natureza	Sol, chuva, vento, serviços ambientais das áreas preservadas, minerais, nutrientes dos solos, fixação biológica de nitrogênio.
N: recursos não-renováveis da natureza	Solo (erosão), biodiversidade, mineral ou qualquer outro recurso usado em maior velocidade do que o tempo que a natureza leva para produzi-los.
<b>F:</b> Contribuições da economia	$F = M + S$
M: materiais	$M = M_R + M_N$
$M_R$ : materiais renováveis	Matérias primas naturais.
$M_N$ : materiais não-renováveis	Materiais industriais (combustível, químicos, aço).
S: serviços	$S = S_R + S_N$
$S_R$ : serviços renováveis	Mão-de-obra local
$S_N$ : serviços não-renováveis	Mão-de-obra de outras regiões, externalidades sócio-ambientais negativas, juros, impostos, seguros.
<b>Y:</b> energia total	$Y = I + F$

Fonte: Adaptado de Ortega et al.; 2002.

<sup>28</sup> Como exemplo, pode-se citar composto comprado da propriedade vizinha com o composto comprado de outra propriedade distante. Evidentemente, o composto da propriedade vizinha possui uma fração renovável maior comparado com o composto vindo de uma propriedade distante.

## 2.1.2 Tabela de cálculo da emergia

A tabulação da emergia requer que cada fluxo de energia, material e serviço seja apresentado em uma linha da tabela de cálculo para a mensuração da emergia total utilizada no sistema de produção (Tabela 3).

**Tabela 3** – Esquema de tabela para o cálculo dos fluxos de emergia

Nota <sup>(1)</sup>	Item	Valor	Unidade (J, g, \$)	Fração Renovável (%)	Transformidade (sej/unidade)	Fluxo de emergia (sej/ano)	Em\$ (\$/ano)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<b>I</b>	<b>Recursos Naturais</b>						
<b>R</b>	<b>Renováveis</b>						
...							
<b>N</b>	<b>Não Renováveis</b>						
...							
<b>F</b>	<b>Recursos da economia</b>						
<b>M</b>	<b>Materiais</b>						
<b>M<sub>R</sub></b>	<b>Renováveis</b>						
...							
<b>M<sub>N</sub></b>	<b>Não Renováveis</b>						
...							
<b>S</b>	<b>Serviços</b>						
<b>S<sub>R</sub></b>	<b>Renováveis</b>						
...							
<b>S<sub>N</sub></b>	<b>Não Renováveis</b>						
...							
<b>P</b>	<b>Produto</b>				<b>Emergia total = <math>\sum_n^1</math></b>		

<sup>(1)</sup> Notas: as notas apresentam informações detalhadas sobre cada linha ou item avaliado da tabela.

Fonte: Adaptado de Odum (1996); Ortega (2002); Brown & Ulgiati (2004); Cavalett et al. (2006).

Para contabilizar a emergia de cada entrada se constrói uma tabela de cálculo que apresenta oito (8) colunas, normalmente (Tabela 3):

**Coluna 1 – Número da linha** – Enumera a lista de entradas e serve de referência para as notas do memorial de cálculo. Geralmente, as notas são apresentadas em apêndice, que detalham os cálculos e os valores utilizados.

**Coluna 2 – Item** – Apresenta o nome de cada fluxo de entrada. Caso a tabela não tenha espaço suficiente para identificar certo item, faz-se necessária uma melhor descrição do item nas notas do memorial de cálculo.

**Coluna 3 – Valor numérico** – os valores dos fluxos são mostrados de acordo com as unidades usuais (Joules, gramas, dólares).

**Coluna 4 – Unidades** – Apresenta as unidades correspondentes aos valores dos recursos utilizados, que foram mostrados na coluna 3. Usualmente, os valores são expressos em Joules, gramas, dinheiro (dólares), horas de trabalho.

**Coluna 5 – Fração renovável** – Valor da fração renovável do recurso utilizado, que varia de zero a um.

**Coluna 6 – Transformidade** – Apresenta o valor da transformidade dos fluxos de entrada. Deve-se utilizar o fator de conversão apropriado para cada tipo de fluxo (Joules, gramas, dinheiro, horas); portanto, o fator de transformidade (seJ/J; seJ/g; seJ/\$; seJ/h) dependerá da unidade do recurso utilizado, que é informada na coluna quatro (4).

**Coluna 7 – Fluxo de emergia** – A emergia do fluxo é calculada com os valores numéricos dos recursos utilizados (coluna 3) multiplicados pelo valor de transformidade (coluna

6) <sup>29</sup>, convertendo-se todos os fluxos em termos de energia solar equivalente (seJ) ou emjoule (seJ). Geralmente, o valor da energia é expresso em potência de dez ( $10^n$ ); por exemplo, um trilhão (1.000.000.000.000) é igual a  $1 \times 10^{12}$  ou  $1E12$ .

**Coluna 8 – Emdólar (Em\$)** – A relação energia/dinheiro é denominada de Emdólar. Considerando que as pessoas não estão acostumadas a pensar em termos de unidades de energia, recomenda-se o uso do Emdólar (Odum, 1996; 2000). O valor do Emdólar varia de acordo com o país e ano, dado pela relação da energia dos recursos e serviços usados e o Produto Interno Bruto (PIB). Então, o valor do fluxo expresso em termos de Emdólar é calculado, na coluna 8, pela razão do fluxo de energia em emjoule (coluna 7) e a taxa de energia do dinheiro (EMR: *Emergy/money ratio*), então:

$$\text{Em\$} = Y \text{ (seJ)} / \text{EMR (seJ/\$)}.$$

Onde, a EMR, como mencionado, é calculada pela energia de todos os recursos usados no sistema natureza-economia de certo território em determinado ano, dividida pelo dinheiro local em circulação.

Em 2000, a EMR da biosfera foi calculada em  $1,1 \times 10^{12}$  seJ/\$; sendo estimado que 70% da riqueza real provêm dos recursos não renováveis e apenas 30% são de fontes de recursos naturais renováveis (Odum, 2001)

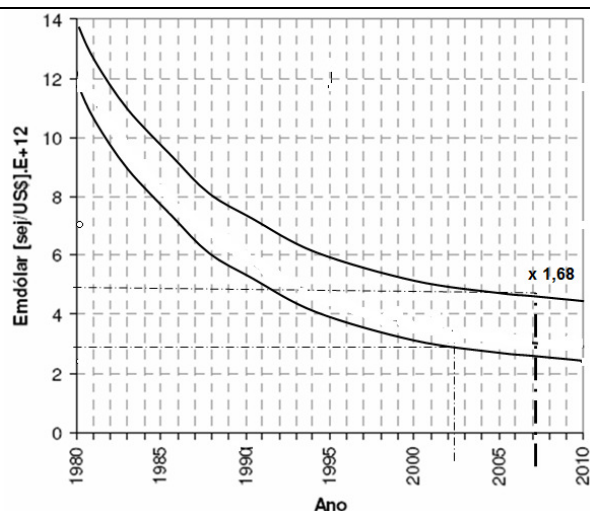
No Brasil, o indicador Emdólar é calculado pela razão:

$$\text{EMR (seJ/US\$)} = \text{Energia (seJ)} / \text{PNB(US\$)}.$$

Onde, PNB é o Produto Nacional Bruto expresso em dólares americanos. Na prática, entretanto, os valores da EMR são calculados utilizando-se equações desenvolvidas para as economias nacionais. No caso brasileiro, para se obter a EMR (seJ/US\$) em determinado ano, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\text{Em\$} = \{ [248,0 + 878,16 * \text{EXP}(-1 * ((\text{ano}-1981) / 9,49))] / 100 \} * 10^{12}.$$

A evolução do valor da energia por dólar pode ser representada por uma curva (Figura 5); sendo que o valor da EMR brasileiro foi calculado em  $3,3 \times 10^{12}$  (seJ/US\$), em 2003.



**Figura 5** – Emdólar ou razão energia por dinheiro utilizado no Brasil

Fonte: Adaptado de Ortega (2004) apud Agostinho, 2005.

<sup>29</sup> Exemplos: (i) A energia dos combustíveis usados (seJ) é igual ao fluxo de combustíveis expresso em Joules (J) multiplicado pela transformidade do combustível (seJ/J). (ii) A energia (seJ) dos fluxos de materiais usados é igual a massa de cada material (g) multiplicada pela energia específica (seJ/g). Energia específica dos materiais ou transformidade são termos sinônimos.



Geralmente, o valor do Emdólar decresce com a inflação, principalmente por causa do aumento de moedas em circulação (Odum, 1996); mas, também, poderá ser pela redução da energia total utilizada.

Segundo Brown & Ulgiati (2004), baseados no recálculo da contribuição da geobiosfera, de  $9,44E+24$  seJ/ano para igual a  $15,83E+24$  seJ/ano, deve-se multiplicar os valores das transformidades calculadas anteriormente pelo fator de correção igual a 1,68 (fator de correção =  $15,83/9,44 = 1,68$ ). Sendo assim, obtém-se a seguinte equação para cálculo do Emdólar para o Brasil:

$$EMR (\text{seJ/US\$}) = \{ [248,0 + 878,16 * \text{EXP}(-1 * ((\text{ano}-1981) / 9,49))] / 100 \} * 10^{12} * 1,68.$$

### 2.1.3 Indicadores emergéticos

Elaborada a tabela de cálculo da energia, os indicadores emergéticos são calculados para avaliação do desempenho global dos sistemas de produção. A listagem de indicadores emergéticos é extensa. Os principais indicadores emergéticos são: energia total do processo de produção, transformidade, taxa de rendimento emergética, taxa de investimento emergéticos, carga ambiental e índice de sustentabilidade emergética.

Os indicadores emergéticos utilizados devem ser adequados para o tipo e escala do sistema de produção estudado; portanto, os indicadores devem ser encarados como passíveis de evolução e superação.

Segundo Ortega et al. (2002), para melhor avaliação da eficiência global dos sistemas de produção agrícola são utilizados indicadores emergéticos modificados, que consideram a fração renovável dos recursos provenientes da economia. Diferentes fórmulas são usadas para cálculo dos indicadores emergéticos, considerando os objetivos e tipos de sistemas de produção estudados (Tabela 4).

**Tabela 4 – Indicadores emergéticos**

Indicador	Fórmula	Referência
Energia total	$(Y=I+F)$	Odum, 1996
Transformidade solar (Tr)	$Tr = Y / E$	Odum, 1996
Renovabilidade (R%)	$R = (R / Y) \times 100$	Odum, 1996
	$R = [(R+M_R+S_R) / Y] \times 100$	Ortega et al., 2002
Taxa rendimento emergético (EYR)	$EYR = Y / F = (F+I)/F = 1,0 + (I/F)$	Odum, 1996; Ortega, 2005
	$EYR = (R+N+F)/F$	Brown & Ulgiati, 2004
	$EYR = Y / (M_N+S_N)$	Ortega et al., 2002
Taxa de investimento emergético (EIR)	$EIR = F / I$	Odum, 1996
	$EIR = (M_N+S_N) / (R+N + M_R+S_R)$	Ortega et al., 2002
Carga ambiental (ELR)	$ELR = (N + F)/R$	Brown & Ulgiati, 2004
	$ELR = (N+M_N+S_N) / (R+M_R+S_R)$	Ortega, 2002
Índice de sustentabilidade emergética (ESI)	$ESI = EYR / ELR$	Brown & Ulgiati, 2004
Taxa de intercâmbio (EER)	$EER = Y / [\$ \times (\text{seJ}/\$)]$	Odum, 1996
	$EER = Y / [(\text{kg}/\text{ha.ano}) \times (\$/\text{kg}) \times (\text{seJ}/\$)]$	Ortega, 2005
Rentabilidade Econômica-Ambiental (REA)	$REA = (\text{Vendas} - \text{Custos}) / \text{Custos}$	Ortega, 2004
Densidade Emergética (ED)	$ED = F/\text{hectare}$	Brown & Ulgiati, 2004

Alguns indicadores emergéticos utilizados para a avaliação do desempenho dos sistemas de produção agrícolas são comentados, brevemente.

**2.1.3.1 Transformidade** (*transformity*) – A transformidade (**Tr**) indica a intensidade de energia existente em um recurso (e/ou, na sua produção). Medindo a quantidade de energia solar equivalente usada (seJ) para gerar uma unidade de energia ou massa de um produto, a transformidade (Tr) é calculada pela razão da energia total requerida (Y)<sup>30</sup> e a energia disponível no recurso gerado (E), ou seja,  $Tr = Y/E = \text{energia/exergia}$ . A transformidade é expressa em emjoule/Joule (seJ/J) ou, ainda, em outras unidades, como seJ/g e seJ/\$.

Para cálculo da transformidade (e outros indicadores) elabora-se uma tabela auxiliar dos produtos dos sistemas agrícolas, que contém a quantidade de energia produzida, dinheiro recebido nas transações comerciais entre outras informações (Tabela 5).

**Tabela 5** – Esquema de apresentação da energia produzida pelos agroecossistemas

Sistema	Descrição	Produção (kg.ano <sup>-1</sup> )	Valor calórico (kcal/kg)	Energia Produzida (J/ha.ano)	Vendas (US\$/ano)
1					
2					
<b>Total</b>					

A transformidade relaciona a energia dos insumos (entradas) com a energia contida dos produtos gerados (saídas); portanto, expressa a eficiência emergética do sistema de produção. Isto é, quanto menor a transformidade (seJ/J)<sup>31</sup>, maior é a eficiência de conversão da energia<sup>32</sup>. Em fim, a transformidade indica a posição do sistema de produção, em termos de hierarquia energética. A maior transformidade indica um nível hierárquico superior da energia no sistema de produção.

**2.1.3.2 Renovabilidade** (*Percent renewable emery*) – A renovabilidade é a parcela ou percentual de energia renovável da energia total usada. A renovabilidade indica o grau de sustentabilidade dos sistemas produtivos; pois, somente processos com alto percentual de renovabilidade são sustentáveis, em longo prazo. A fórmula da renovabilidade (R%) é a razão da energia renovável incorporada gratuitamente da natureza (R) pela energia total (Y):

$$R\% = [(R/Y) \times 100].$$

O percentual de renovabilidade modificado é calculado pela seguinte fórmula:

$$R\% = \{[(R+M_R+S_R) / Y] \times 100\}.$$

<sup>30</sup> Soma da energia dos recursos usados para geração do produto “Y” (Figura 1); ou, linha “P” e coluna 7 (Tabela 2).

<sup>31</sup> A transformidade quando expressa em seJ/g, podemos dizer que quanto menor energia específica (seJ/g), maior a eficiência.

<sup>32</sup> A transformidade é o valor inverso da eficiência ecossistêmica. Em geral, os valores da eficiência ecossistêmica são pequenos. Então, para se calcular a eficiência da produção dos recursos, reduzindo-se os erros de cálculo, prefere-se, em vez da eficiência ecossistêmica, utilizar os valores inversos, ou seja, calculam-se as transformidades (Ortega, 2005).

**2.1.3.3 Taxa de rendimento emergética** (*Emergy yield ratio - EYR*) – A taxa de rendimento emergética ou energia líquida é definida como a razão da energia total (Y) e a energia dos insumos comprados da economia (F):

$$EYR = Y/F$$

A taxa de rendimento emergética modificada é calculada pela seguinte equação:

$$EYR = Y / (M_N + S_N).$$

A EYR reflete a habilidade do processo em se apropriar dos recursos locais (renováveis e não renováveis) em resposta ao investimento de recursos econômicos, indicando o potencial de contribuição do sistema natural para o crescimento do sistema econômico (Tabela 6).

**Tabela 6** – Taxa de rendimento emergético (EYR) e a contribuição para a sociedade

Valor de EYR	Energia Líquida	Contribuição
1	Nenhuma	Nenhuma
1 até 2	Pequena	Pequena
2 até 5	Média	Moderada
> 5	Alta	Alta

Fonte: Adaptado de Brown & Ulgiati (2002)

No caso da energia líquida igual a um (EYR= 1), a transformação dos recursos locais produz uma quantidade de energia exatamente igual a energia que lhe é provida pela economia; portanto, os sistemas de produção com EYR=1 são processos de transformação que não produzem energia líquida capaz de gerar crescimento do sistema consumidor. Segundo Brown & Ulgiati (2002), as atividades com rendimento emergético entre 1 e 2 produzem pequena energia líquida. Os sistemas com rendimento emergético entre 2 e 5 contribuem em forma moderada ao crescimento da sociedade. E, os processos de transformação com rendimento emergético maior que cinco são sistemas de produção que apresentam uma alta energia líquida e contribuem significativamente para o crescimento econômico.

**2.1.3.4 Taxa de investimento emergético** (*Emergy investment ratio- EIR*) – A razão de investimento emergético (EIR) mede a proporção da energia comprada (F) em relação às entradas de energia livre (I) do ambiente:

$$EIR = F/I.$$

Considerando a fração renovável dos materiais e os serviços comprados da economia, o indicador EIR é calculado pela fórmula:

$$EIR = (M_N + S_N) / (R + N + M_R + S_R).$$

O indicador EIR avalia a proporção de uso dos recursos econômicos em relação às contribuições ambientais gratuitas (vindas da natureza), podendo ser interpretado como um índice de competitividade ( $\downarrow EIR = \uparrow$ competitividade).

**2.1.3.5 Carga ambiental** (*Environmental loading ratio - ELR*) – A carga ambiental estima a perturbação ambiental (estresse) devido ao uso de recursos não renováveis na atividade produtiva. A carga ambiental se define como a proporção entre a energia não renovável (N+F) e a energia renovável (R):

$$ELR = [(N + F) / R].$$

Alternativamente, a carga ambiental pode ser calculada pela equação modificada:

$$ELR = (N + M_N + S_N) / (R + M_R + S_R).$$

O indicador (ELR) de carga ambiental possibilita fazer a distinção dos fluxos dos recursos não renováveis e dos recursos renováveis, ou seja, resignifica a qualidade emergética do sistema de produção.

A carga ambiental de valor igual à zero (ELR = 0) indica que não havendo uso de recursos não renováveis, então a energia renovável local (R) conduz o processo de transformação da energia pelos ecossistemas à sua maturidade plena. E, quanto maior a razão entre os recursos não renováveis e os recursos renováveis (ELR) maior é a distância entre os sistemas de produção antrópicos e os ecossistemas locais. Um valor alto de ELR indica um forte impacto ambiental (negativo) decorrente da utilização dos recursos não renováveis.

Segundo Brown & Ulgiati (2002), valores baixos de carga ambiental (ELR < 2) indicam processos que usam, relativamente, uma grande área de ambiente local para diluir o impacto negativo. Os sistemas com ELR entre 3 e 10 são de carga ambiental moderada. Valores de carga ambiental extremamente alta (ELR>10) indicam uso de insumos não-renováveis de forma concentrada em ambientes relativamente pequenos (Tabela 7).

**Tabela 7** – Valor da carga ambiental (ELR) e grau de impacto negativo

Valor da ELR	Impacto ambiental
< 2	Baixo
Entre 2 e 3	Baixo a moderado
Entre 3 e 10	Moderado
> 10	Alto

Fonte: Adaptado de Brown & Ulgiati (2002)

**2.1.3.6 Índice de sustentabilidade emergética** – (*Emergy sustainability index: ESI*) – O ESI é a razão entre o indicador de rendimento emergético (EYR) e o indicador de carga ambiental (ELR); isto é:

$$ESI = EYR/ELR.$$

Este conceito de sustentabilidade implica na maximização de taxa de rendimento, [EYR = energia total (Y) / energia dos insumos comprados da economia (F)], e a minimização da carga ambiental, {ELR = [(N + F) / R]}.

Uma exploração sustentável tende ao aproveitamento ótimo dos recursos locais e a minimizar o uso de insumos da economia, gerando o menor impacto ambiental possível. Quanto maior o índice de sustentabilidade (ESI) do sistema de produção, maior será a contribuição do produto para a sustentabilidade da biosfera.

Teoricamente, o menor valor da sustentabilidade emergética é zero (ESI = 0), quando EYR  $\approx$  0, ou ELR <  $\infty$ ). Por outro lado, o limite superior do índice emergético de sustentabilidade (ESI  $\rightarrow \infty$ ), somente é verificado em ecossistemas maduros e preservados.

Com base na análise de diversos estudos de casos, segundo Brown & Ulgiati (2002), pode-se fazer as seguintes considerações: ESI<1 indica sistemas de produção não sustentáveis. ESI>1 indica processos e produtos que contribuem para o crescimento econômico, sem ocorrência de perturbação grave ao equilíbrio ambiental. ESI entre 1 e 5 caracteriza processos (e produtos) com sustentabilidade média, portanto, referem-se a sistemas de produção com sustentabilidade somente em médio prazo. E, quando um índice de sustentabilidade maior que cinco (ESI>5) caracteriza sistemas de produção sustentáveis, no longo prazo (Tabela 8).

**Tabela 8** – Valor do índice de sustentabilidade (ESI) e critérios de sustentabilidade

Valor do ESI	Crítérios de sustentabilidade
<sup>(1)</sup> 0 até < 1	Insustentável
> 1	Sustentável economicamente sem danos ambientais graves
Entre 1 e 5	Sustentável em médio prazo
> 5	Sustentável em longo prazo
∞	Ecossistema preservado

(1) O valor de ESI=0 é o menor valor teórico.

No estudo de economias nacionais, os países com ESI menor que um (ESI<1) indica que são sociedades altamente desenvolvidas. Valores intermédios (1<ESI<10) apontam para economias em desenvolvimento. E, valores altos (ESI>10) indicam que a sociedade não conta com processos industriais importantes.

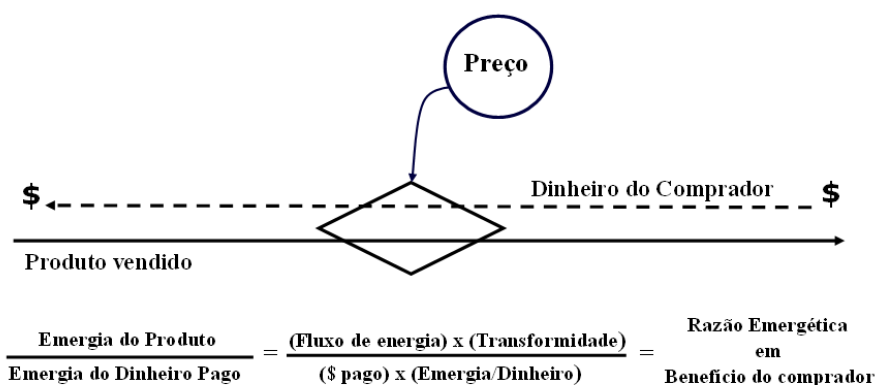
**2.1.3.7 Taxa de intercâmbio energético** – (*Emergy exchange ratio- EER*) – A EER é uma razão entre a emergia total (Y) do produto vendido e a emergia do dinheiro recebido em troca (Figura 6). A taxa de intercâmbio energético avalia se o produtor recebe dinheiro com suficiente emergia em relação a emergia total utilizada no sistema de produção. Se a emergia fornecida pelo agricultor é maior que emergia representada pelo montante de dinheiro recebido na venda do produto, então existe um benefício emergético para o comprador, que é aferido através do cálculo da taxa de intercâmbio energético (EER), utilizando-se a fórmula:

$$EER = Y / [\text{produção} \times \text{preço} \times (\text{emergia} / \$)].$$

Então, para produtos agrícolas, segundo Ortega (2005), tem-se:

$$EER = Y / [ (\text{kg/ha.ano}) \times (\$/\text{kg}) \times (\text{seJ}/\$)].$$

Onde, seJ/\$ é o valor do Emdólar do país em determinado ano.



**Figura 6** – Diagrama do intercâmbio energético

Fonte: Adaptado de Odum, 1996.

Do ponto de vista do agricultor, quando mais próximo EER for de 1 (EER ≈ 1), melhores são condições emergéticas das relações de troca. E, quanto maior que um for o EER, maior é o benefício emergético para o comprador.

**2.1.3.8 Rentabilidade econômico-ambiental (REA)** <sup>33</sup> - A rentabilidade de um produto pode ser expressa pela seguinte equação:

$$R = [(Vendas - Custos) / Custos].$$

O indicador de rentabilidade econômica e ambiental considera todos os custos, inclusive os custos das externalidades negativas geradas pelos sistemas de produção, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$REA = \frac{\sum \{[(P \times \$) - (\sum I + \sum M + \sum E)]\}}{\sum I + \sum M + \sum E}$$

Onde: **P** = produção; **\$** = preços; **I** = insumos; **M** = mão-de-obra; **E** = externalidades negativas.

A rentabilidade econômico-ambiental é menor quanto mais se produz externalidades negativas, em excesso. Os sistemas agrícolas sustentáveis, que produzem sob preceitos agroecológicos, utilizam racionalmente os recursos naturais (renováveis e não renováveis) e não apresentam externalidades negativas que sejam significativas <sup>34</sup>.

**2.1.3.9 Densidade emergética (Emergy density)** – A densidade emergética (**ED**) mensura o montante de energia investida (**F**) por unidade de área (hectare):

$$ED = F/\text{Área}.$$

Geralmente, as densidades altas caracterizam centros urbanos, indústrias, instituições de pesquisa e órgãos governamentais, enquanto as densidades baixas caracterizam as áreas rurais e zonas de preservação ambiental.

## 2.2 DIAGRAMA TERNÁRIO DE EMERGIA

Barrella *et al.*; (2005) e Gianetti *et al.*; (2007) desenvolveram uma ferramenta gráfica baseada nos diagramas ternários para representar os resultados das análises emergéticas, considerando três fontes de recursos: Renováveis (R), Não renováveis (N), e Econômicas (F). Gera-se, portanto, um diagrama triangular equilátero com as três variáveis (N, R e F) em porcentagem, cuja soma será sempre 1. A combinação dos três fluxos é representada por um ponto no interior do triângulo. O diagrama ternário emergético permite visualizar, comparar, avaliar melhorias e acompanhar o desempenho emergético dos sistemas de produção ao longo do tempo.

## 2.3 ÁREA DE SUPORTE

A área de suporte relaciona-se à noção de capacidade de carga, que é definida pelos ecologistas como o tamanho máximo da população de uma espécie que uma determinada área pode suportar, sem reduzir sua habilidade de manter essa espécie, por um período indeterminado de tempo (Daily & Ehrlich, 1992).

A área de suporte ou capacidade de carga é um indicador complementar aos fornecidos pela análise emergética, que exprime como resultado final uma área natural virtualmente

<sup>33</sup> Preferimos cunhar o termo rentabilidade econômico-ambiental como sinônimo de rentabilidade, simplesmente.

<sup>34</sup> Para o Reino Unido, o valor das externalidades negativas para sistemas de produção agrícola convencionais foi estimado em 360,00 US\$/ha.ano (Pretty *et al.*, 2001 *apud* Agostinho, 2005).

necessária para sustentar o uso atual da terra, como aquela obtida por meio da metodologia Pegada Ecológica (Wackernagel & Rees, 1996).

Segundo Brown e Ulgiati (2001), a capacidade de carga pode ser expressa como uma área da paisagem, cujo valor é calculado pela divisão da energia total não renovável utilizada pela potencia emergética da região em que o sistema de produção está localizado.

Agostinho et al. (2007) sugeriram converter a energia não renovável utilizada pelo sistema, considerando as renovabilidades parciais, em área de floresta equivalente, através da produtividade primária líquida (NPP), tomando como referência a potencia emergética de uma área de floresta natural da região de estudo, porque ela não utiliza recursos não renováveis, somente renováveis. Agostinho (2009) estimou a área de suporte de diferentes atividades agrícolas, principalmente cana-de-açúcar, correspondente a 3,69 vezes a área de uma bacia hidrográfica, que teoricamente deveria estar ocupada com florestas naturais para equilíbrio da energia não renovável utilizada pelos sistemas de produção estudados.

A área de suporte é, portanto, uma medida de conversão da energia não renovável utilizada em uma área virtual com energia renovável equivalente. Assim, a maior eficiência no uso dos recursos renováveis (sistema de produção com alta potencia emergética renovável) indica uma menor área de suporte; e, a menor área de suporte indica uma maior sustentabilidade do sistema de produção.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os cinco sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico na Região Serrana Fluminense foram selecionados por meio de consultas aos produtores, lideranças e representantes de instituições interessadas (Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro – ABIO; Associação dos Produtores Orgânicos do Vale do Rio Preto (Horta Orgânica); Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro (EMATER-RJ); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Embrapa-Agrobiologia) e Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

As cinco unidades selecionadas são sistemas de produção certificados pela ABIO, sendo que três são estabelecimentos que exploram olerícolas diversificados (hortaliças herbáceas, tuberosas e frutos), pertencentes ao núcleo do Brejal, no município de Petrópolis; e, as outras duas unidades são sistemas de produção de olerícolas especializados (hortaliças frutos, principalmente, o cultivo de chuchu - *Sechium edule*) pertencentes ao núcleo de Morro Grande, no município de São José do Vale do Rio Preto (Tabela 9).

**Tabela 9** – Características das unidades de produção de olerícolas sob manejo orgânico

Código	Unidade de produção		SAU <sup>(1)</sup>	Produção <sup>(2)</sup>	
	Tipologia		(ha)	(kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	(US\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )
1	Estabelecimento familiar-empresarial	Diversificado	0,7	18.604	64.304,00
2	Estabelecimento familiar	Diversificado	0,7	14.886	8.607,00
3	Estabelecimento familiar	Diversificado	0,8	23.966	14.934,00
4	Propriedade familiar	Especializado	0,3	36.828	13.189,00
5	Propriedade familiar	Especializado	0,4	25.596	10.961,00

<sup>(1)</sup> Superfície agrícola utilizada. <sup>(2)</sup> Produção em peso fresco comercializado corrigido para um hectare; (US\$ 1 = R\$ 1,71).

A unidade de produção (sistema 1) é um **estabelecimento familiar-empresarial**, formado pela parceria de uma família de agricultores (experimentados na agricultura orgânica) e outra família de proprietários da terra (também com experiência em agricultura orgânica). Trata-se de um sistema de **produção e comercialização** de olerícolas orgânicas diversificadas, com entregas de cestas em domicílios, hotéis, lojas e restaurantes, configurando um arranjo produtivo em cadeia curta de comercialização.

As unidades de produção 2 e 3 são **estabelecimentos familiares** dotados de sistemas de produção olerícolas orgânicas **diversificadas**, onde os produtos são vendidos para **intermediários**, que os revendem para restaurantes, feirantes, lojas e supermercados, conformando arranjos produtivos em cadeia longa de comercialização<sup>35</sup>.

As unidades de produção 4 e 5 são propriedades familiares, originárias de desmembramento por herança, e constituem **sistemas de produção olerícola orgânica especializados** (chuchu, principalmente), onde os produtos também são vendidos para **intermediários** (arranjo produtivo em cadeia longa) no sítio.

O levantamento de dados primários pesquisados foi realizado através de informações dos produtores, medições de campo, amostragens de insumos e produtos, acompanhamento e monitoramento das unidades de produção estudadas durante o período de janeiro a dezembro de 2008. Além disso, para cálculo dos fluxos emergéticos foram utilizados dados secundários da literatura especializada.

A avaliação do desempenho emergético dos sistemas de produção estudados observou as três etapas metodológicas recomendadas: (i) elaboração de diagrama sistêmico; (ii) construção

<sup>35</sup> Embora, uma pequena parte da produção esta sendo vendida diretamente em feiras.



de tabela para cálculo da energia total; e, (iii) discussão dos indicadores energéticos, de acordo com Odum (1996), Ortega et al. (2002) e Brown & Ulgiati (2004).

Para a representação gráfica dos resultados da análise energética foi elaborado um diagrama ternário<sup>36</sup>, com o propósito de facilitar a interpretação dos dados e possibilitar a visualização da posição relativa dos agroecossistemas, de acordo com Barrella *et al.*; (2005) e Gianetti *et al.*; (2007).

Complementando os indicadores energéticos, foi calculada a área de suporte (SA), conforme (Brown & Ulgiati, 2001), utilizando-se a equação:

$$SA = (Mn + Sn + N) / R * ha.$$

Onde: SA = Área de suporte;  
Mn = Materiais não renováveis;  
Sn = Serviços não renováveis;  
N = Recursos naturais não renováveis.  
R = Potencia energética renovável da região;  
ha = Área do sistema de exploração

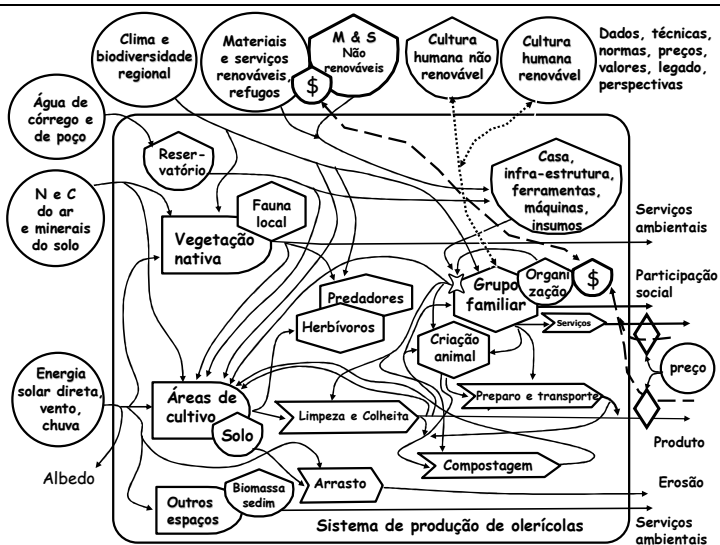
Neste trabalho, foi considerada a potencia energética renovável (R) de  $2,30E+15 \text{ seJ.ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , tomando como referência a energia da chuva, correspondente à precipitação anual de 1500 mm, para o território de estudo. Esta precipitação representa a energia renovável de uma floresta de Mata Atlântica, na Região Serrana Fluminense.

---

<sup>36</sup> O gráfico foi desenhado com auxílio do programa ProSim Ternary Diagram. Acesso em <http://www.prosim.net/en/index.html>, em janeiro de 2009.

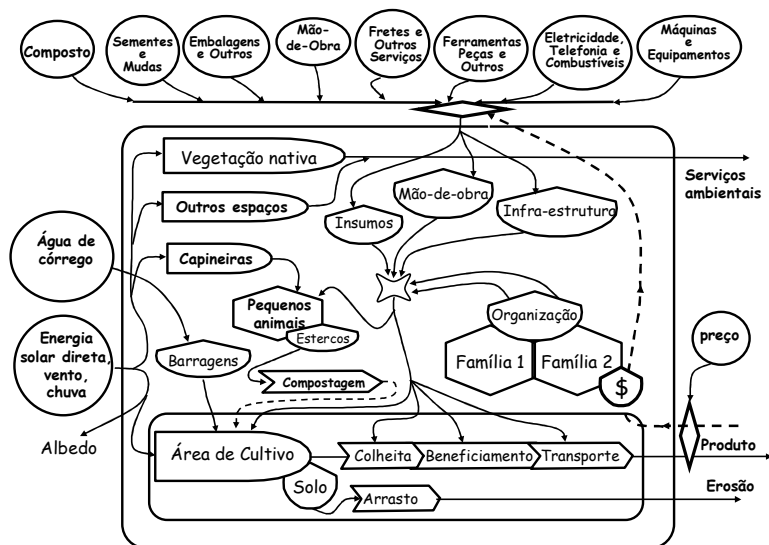
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diagrama geral dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico elaborado para a Região Serrana do estado do Rio de Janeiro é o seguinte (Figura 7):



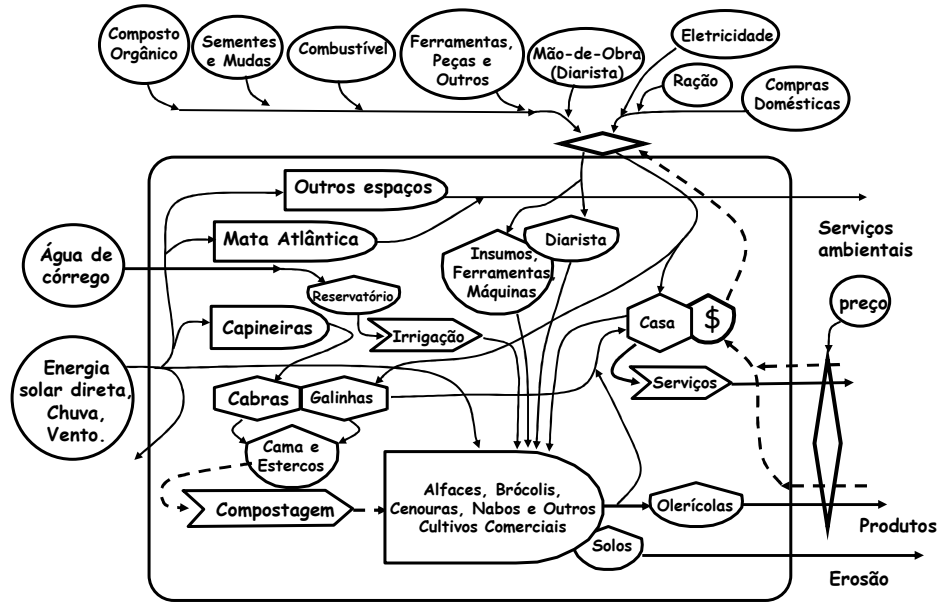
**Figura 7** – Diagrama geral de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico.

O diagrama geral mostra os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico que são comercializadas e a criação de pequenos animais para o autoconsumo (Figura 7); que foi adaptado à realidade das cinco unidades de produção estudadas, resultando em três modelos: (i) Sistema diversificado de produção e comercialização de olerícolas orgânicas (Figura 8); (ii) sistemas de produção de olerícolas orgânicas diversificadas (Figura 9); e, (iii) sistemas especializados de produção de olerícolas orgânicas (Figura 10).



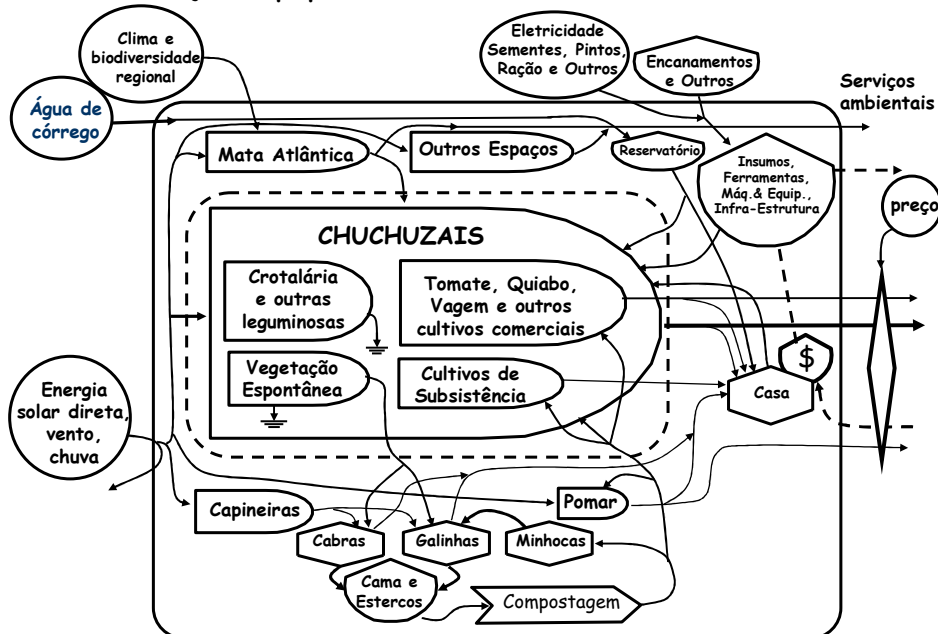
**Figura 8** – Diagrama de sistema diversificado de produção e comercialização de olerícolas sob manejo orgânico, em estabelecimento familiar-empresarial, com contratação de mão-de-obra permanente (sistema 1).

**Cultivo Comercial de Olerícolas Orgânicas Diversificadas  
e criação de pequenos animais para a subsistência**



**Figura 9** – Diagrama dos sistemas de produção de olerícolas diversificadas sob manejo orgânico, em estabelecimento familiar com contratação de mão-de-obra (sistemas 2 e 3).

**Consórcio Chucho e culturas miúdas comerciais,  
criação de pequenos animais e cultivos de subsistência**



**Figura 10** – Diagrama de sistema especializado de produção de olerícolas orgânicas, em propriedade familiar, sem contratação de mão-de-obra (sistemas 4 e 5).

Os valores calculados dos fluxos emergéticos e a energia total dos sistemas de produção estudados são apresentados nas Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14. E, em apêndice são encontradas as memórias de cálculo destas Tabelas (Anexo C).

**Tabela 10** – Análise emergética de sistema de produção e comercialização de olerícolas diversificadas sob manejo orgânico, em estabelecimento familiar-empresarial, unidade de produção número 1.

Notas	Item	Valor	Unidade U /ha.ano <sup>-1</sup>	<sup>(1)</sup> FR	Transformidade		EMERGIA (seJ. ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )			Em\$.ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	% de Y
					Valor	Unidade	<sup>(2)</sup> R	<sup>(3)</sup> NR	Total		
I	<b>Recursos Naturais</b>						6,73E+15	2,16E+13	6,75E+15	1.346,84	0,01
R	<b>Renováveis</b>						6,73E+15	0,00E+00	6,73E+15	1.339,62	0,01
1	Chuva (1500 mm)	7,50E+10	J	1	3,06E+04	seJ/J	2,30E+15	0,00E+00	2,30E+15	456,81	0,00
2	Água do córrego	1,50E+10	J	1	2,96E+05	seJ/J	4,44E+15	0,00E+00	4,44E+15	882,81	0,01
N	<b>Não Renováveis</b>						0,00E+00	2,16E+13	2,16E+13	7,23	0,00
3	Erosão	1,74E+08	J	0	1,24E+05	seJ/J	0,00E+00	2,16E+13	2,16E+13	7,23	0,00
F	<b>Recursos da Economia</b>						3,62E+17	2,55E+17	6,17E+17	122.898,91	0,99
M	<b>Materiais</b>						2,18E+16	7,00E+16	9,18E+16	18.264,30	0,15
MR	<b>Renováveis</b>						1,78E+16	9,07E+15	2,69E+16	5.345,35	0,04
4	Composto SJVRP	2.019,95	US\$	0,6	5,02E+12	seJ/US\$	6,08E+15	4,05E+15	1,01E+16	2.019,95	0,02
5	Mudas	3.325,40	US\$	0,7	5,02E+12	seJ/US\$	1,17E+16	5,01E+15	1,67E+16	3.325,40	0,03
MN	<b>Não Renováveis</b>						4,00E+15	6,09E+16	6,49E+16	12.918,94	0,10
6	Depreciação da infra-estrutura	5.071,57	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	1,27E+15	2,42E+16	2,55E+16	5.071,57	0,04
7	Depreciação (Maq. e Equip.)	1.547,51	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	3,89E+14	7,39E+15	7,77E+15	1.547,51	0,01
8	Combustível Fóssil (Diesel)	3,68E+10	J	0,01	1,86E+05	seJ/J	6,86E+13	6,80E+15	6,86E+15	1.366,42	0,01
9	Peças, Embalagens e outros	3.797,42	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	9,54E+14	1,81E+16	1,91E+16	3.797,42	0,03
10	Sementes	1.136,01	US\$	0,23	5,02E+12	seJ/US\$	1,31E+15	4,39E+15	5,71E+15	1.136,01	0,01
S	<b>Serviços</b>						3,41E+17	1,85E+17	5,26E+17	104.634,61	0,84
SR	<b>Renováveis</b>						3,27E+17	1,15E+17	4,42E+17	87.986,44	0,71
11	Mão-de-obra (2,5 UTFamiliar)	1,12E+10	J	0,9	1,85E+07	seJ/J	1,86E+17	2,07E+16	2,07E+17	41.243,64	0,33
12	Mão-de-obra (Parceiros)	3,74E+09	J	0,6	1,85E+07	seJ/J	4,14E+16	2,76E+16	6,91E+16	13.747,88	0,11
13	Mão-de-obra (Permanente)	8,97E+09	J	0,6	1,85E+07	seJ/J	9,95E+16	6,63E+16	1,66E+17	32.994,92	0,27
SN	<b>Não Renováveis</b>						1,32E+16	7,05E+16	8,36E+16	16.648,17	0,13
14	Eletricidade (Casa+Esc.+benef.)	2,06E+10	J	0,5	5,64E+05	seJ/J	5,80E+15	5,80E+15	1,16E+16	2.309,04	0,02
15	Fretes	8.513,83	US\$	0,01	5,02E+12	seJ/US\$	4,28E+14	4,23E+16	4,28E+16	8.513,83	0,07
16	Mecanização (limpeza da área)	467,43	US\$	0,01	5,02E+12	seJ/US\$	2,35E+13	2,32E+15	2,35E+15	467,43	0,00
17	Roçada e enleiramento manual	1.151,04	US\$	0,6	5,02E+12	seJ/US\$	3,47E+15	2,31E+15	5,78E+15	1.151,04	0,01
18	Telefonia	1.051,71	US\$	0,5	5,02E+12	seJ/US\$	2,64E+15	2,64E+15	5,28E+15	1.051,71	0,01
19	Impostos	3.155,13	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	7,93E+14	1,51E+16	1,59E+16	3.155,13	0,03
Y	<b>Emergia Total</b>						3,69E+17	2,55E+17	6,24E+17	124.245,75	1,00
O	<sup>(4)</sup> Energia disponível produzida	1,99E+10	J								

<sup>(1)</sup> FR = Fração Renovável; <sup>(2)</sup> R = Emergia Renovável; <sup>(3)</sup> NR = Emergia Não Renovável. <sup>(4)</sup> Energia anual dos produtos. (Anexo, vide item Notas).

**Tabela 11** – Análise emergética de sistema de produção de olerícolas diversificadas sob manejo orgânico, em estabelecimento familiar, com contratação sazonal de mão-de-obra local – unidade de produção número 2.

Notas	Item	Valor	Unidade U /ha.ano <sup>-1</sup>	<sup>(1)</sup> FR	Transformidade		EMERGIA (seJ/ha.ano <sup>-1</sup> )			Em\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	% de Y
					Valor	Unidade	<sup>(2)</sup> R	<sup>(3)</sup> NR	Total		
I	<b>Recursos Naturais</b>						6,73E+15	7,15E+13	6,80E+15	1.363,53	0,03
R	<b>Renováveis</b>						6,73E+15	0,00E+00	6,73E+15	1.339,62	0,03
1	Chuva (1500 mm)	7,50E+10	J	1	3,06E+04	seJ/J	2,30E+15	0,00E+00	2,30E+15	456,81	0,01
2	Água do córrego	1,50E+10	J	1	2,96E+05	seJ/J	4,44E+15	0,00E+00	4,44E+15	882,81	0,02
N	<b>Não Renováveis</b>						0,00E+00	7,15E+13	7,15E+13	23,92	0,00
3	Erosão	5,77E+08	J	0	1,24E+05	seJ/J	0,00E+00	7,15E+13	7,15E+13	23,92	0,00
F	<b>Recursos da Economia</b>						2,13E+17	4,36E+16	2,57E+17	51.093,98	0,97
M	<b>Materiais</b>						5,44E+15	1,45E+16	2,00E+16	3.977,38	0,08
MR	<b>Renováveis</b>						4,93E+15	2,62E+15	7,55E+15	1.502,68	0,03
4	Composto (SJVRP)	701,14	US\$	0,60	5,02E+12	seJ/US\$	2,11E+15	1,40E+15	3,52E+15	701,14	0,01
5	Sementes Próprias	0,71	kg	0,42	1,68E+12	seJ/kg	5,04E+11	6,96E+11	1,20E+12	0,24	0,00
6	Mudas	801,30	US\$	0,7	5,02E+12	seJ/US\$	2,82E+15	1,21E+15	4,03E+15	801,30	0,02
MN	<b>Não Renováveis</b>						5,06E+14	1,19E+16	1,24E+16	2.474,70	0,05
7	Combustível (Diesel)	1,55E+10	J	0,01	1,86E+05	seJ/J	2,90E+13	2,87E+15	2,90E+15	576,93	0,01
8	Sementes Certificadas	0,71	kg	0,23	1,68E+12	seJ/kg	2,76E+11	9,24E+11	1,20E+12	0,24	0,00
9	Depreciação (Maq. & Equip.)	365,87	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	9,19E+13	1,75E+15	1,84E+15	365,87	0,01
10	Depreciação (Infra-estrutura)	1051,71	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	2,64E+14	5,02E+15	5,28E+15	1.051,71	0,02
11	Peças, Ferramentas e outros	479,95	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	1,21E+14	2,29E+15	2,41E+15	479,95	0,01
S	<b>Serviços</b>						2,08E+17	2,96E+16	2,38E+17	47.347,50	0,90
SR	<b>Renováveis</b>						2,06E+17	2,77E+16	2,34E+17	46.577,82	0,88
12	Mão-de-obra (2,65 UTFamiliar)	1,19E+10	J	0,9	1,85E+07	seJ/J	1,98E+17	2,20E+16	2,20E+17	43.718,26	0,83
13	Mão-de-obra (Diarista)	7,77E+08	J	0,6	1,85E+07	seJ/J	8,62E+15	5,75E+15	1,44E+16	2.859,56	0,05
SN	<b>Não Renováveis</b>						1,93E+15	1,93E+15	3,87E+15	769,68	0,01
14	Eletricidade (Casa)	6,85E+09	J	0,5	5,64E+05	seJ/J	1,93E+15	1,93E+15	3,87E+15	769,68	0,01
Y	<b>Emergia Total</b>						2,20E+17	4,43E+16	2,65E+17	52.688,41	1,00
O	<sup>(4)</sup> Energia disponível produzida	1,59E+10	J								

<sup>(1)</sup> FR = Fração Renovável; <sup>(2)</sup> R = Emergia Renovável; <sup>(3)</sup> NR = Emergia Não Renovável. <sup>(4)</sup> Energia anual dos produtos. (Anexo, vide Notas).

**Tabela 12** – Análise emergética do sistema de produção de olerícolas diversificadas sob manejo orgânico, em estabelecimento familiar, com contratação permanente de mão-de-obra local – unidade de produção número 3.

Notas	Item	Valor	Unidade U /ha.ano <sup>-1</sup>	<sup>(1)</sup> FR	Transformidade		EMERGIA (seJ/ha.ano <sup>-1</sup> )			Em\$/ha.ano <sup>-1</sup>	% de Y
					Valor	Unidade	<sup>(2)</sup> R	<sup>(3)</sup> NR	Total		
I	<b>Recursos Naturais</b>						6,73E+15	3,10E+13	6,76E+15	1.350,00	0,04
R	<b>Renováveis</b>						6,73E+15	0,00E+00	6,73E+15	1.339,62	0,04
1	Chuva (1500 mm)	7,50E+10	J	1	3,06E+4	seJ/J	2,30E+15	0,00E+00	2,30E+15	456,81	0,01
2	Água do córrego	1,50E+10	J	1	2,96E+5	seJ/J	4,44E+15	0,00E+00	4,44E+15	882,81	0,03
N	<b>Não Renováveis</b>						0,00E+00	3,10E+13	3,10E+13	10,38	0,00
3	Erosão	2,50E+08	J	0	1,24E+5	seJ/J	0,00E+00	3,10E+13	3,10E+13	10,38	0,00
F	<b>Recursos da Economia</b>						1,16E+17	4,94E+16	1,65E+17	32.877,18	0,96
M	<b>Materiais</b>						5,36E+15	1,15E+16	1,69E+16	3.354,39	0,10
MR	<b>Renováveis</b>						4,93E+15	2,77E+15	7,71E+15	1.533,83	0,04
4	Composto (SJVRP)	920,25	US\$	0,60	5,02E+12	seJ/US\$	2,77E+15	1,84E+15	4,62E+15	920,25	0,03
5	Sementes próprias	0,25	kg	0,42	1,68E+12	seJ/kg	1,76E+11	2,44E+11	4,20E+11	0,08	0,00
6	Mudas compradas	613,50	US\$	0,70	5,02E+12	seJ/US\$	2,16E+15	9,25E+14	3,08E+15	613,50	0,02
MN	<b>Não Renováveis</b>						4,26E+14	8,72E+15	9,15E+15	1.820,57	0,05
7	Combustível (Diesel)	4,29E+09	J	0,01	1,86E+05	seJ/J	8,01E+12	7,93E+14	8,01E+14	159,42	0,00
8	Sementes Certificadas	2,44	kg	0,23	1,68E+12	seJ/kg	9,42E+11	3,15E+12	4,10E+12	0,82	0,00
9	Depreciação (Maq. & Equip.)	331,09	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	8,32E+13	1,58E+15	1,66E+15	331,09	0,01
10	Depreciação (Infra-estrutura)	920,25	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	2,31E+14	4,39E+15	4,62E+15	920,25	0,03
11	Peças, Ferramentas e outros	409,00	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	1,03E+14	1,95E+15	2,05E+15	409,00	0,01
S	<b>Serviços</b>						1,10E+17	3,79E+16	1,48E+17	29.522,78	0,86
SR	<b>Renováveis</b>						1,09E+17	3,63E+16	1,45E+17	28.870,55	0,84
12	Mão-de-obra (1 UTF)	3,92E+09	J	0,9	1,85E+07	seJ/J	6,53E+16	7,25E+15	7,25E+16	14.435,28	0,42
13	Mão-de-obra (1 Mensalista)	3,92E+09	J	0,6	1,85E+07	seJ/J	4,35E+16	2,90E+16	7,25E+16	14.435,28	0,42
SN	<b>Não Renováveis</b>						1,64E+15	1,64E+15	3,28E+15	652,23	0,02
14	Eletricidade (Casa + Irrigação)	5,81E+09	J	0,5	5,64E+05	seJ/J	1,64E+15	1,64E+15	3,28E+15	652,23	0,02
Y	<b>Emergia Total</b>						1,23E+17	4,94E+16	1,72E+17	34.227,18	1,00
O	<sup>(4)</sup> Energia disponível produzida	2,56E+10	J								

<sup>(1)</sup> FR = Fração Renovável; <sup>(2)</sup> R = Emergia Renovável; <sup>(3)</sup> NR = Emergia Não Renovável. <sup>(4)</sup> Energia anual dos produtos. (Anexo, vide item Notas).

**Tabela 13** – Avaliação do sistema de produção de olerícolas especializado, principalmente o chuchu sob manejo orgânico, em propriedade familiar – unidade de produção número 4.

Notas	Item	Valor	Unidade U /ha.ano <sup>-1</sup>	<sup>(1)</sup> FR	Transformidade		EMERGIA (seJ/ha.ano <sup>-1</sup> )			Em\$/ha.ano <sup>-1</sup>	% de Y
					Valor	Unidade	<sup>(2)</sup> R	<sup>(3)</sup> NR	Total		
I	<b>Recursos Naturais</b>						4,80E+15	2,61E+13	4,83E+15	964,77	0,01
R	<b>Renováveis</b>						4,80E+15	0,00E+00	4,80E+15	956,04	0,01
1	Chuva (1400 mm)	7,00E+10	J	1	3,06E+04	seJ/J	2,14E+15	0,00E+00	2,14E+15	426,36	0,00
2	Água do córrego	9,00E+09	J	1	2,96E+05	seJ/J	2,66E+15	0,00E+00	2,66E+15	529,68	0,00
N	<b>Não Renováveis</b>						0,00E+00	2,61E+13	2,61E+13	8,73	0,00
3	Erosão	2,11E+08	J	0	1,24E+05	seJ/J	0,00E+00	2,61E+13	2,61E+13	8,73	0,00
F	<b>Recursos da Economia</b>						6,76E+17	1,20E+17	7,96E+17	158.438,88	0,99
M	<b>Materiais</b>						8,32E+15	2,32E+16	3,15E+16	6.279,12	0,04
MR	<b>Renováveis</b>						6,13E+15	1,49E+15	7,62E+15	1.517,03	0,01
4	Composto próprio	1,67E+11	J	0,8	4,45E+04	seJ/J	5,96E+15	1,49E+15	7,45E+15	1.483,77	0,01
5	Mudas e sementes próprias	9,56E+08	J	1	1,75E+05	seJ/J	1,67E+14	0,00E+00	1,67E+14	33,26	0,00
MN	<b>Não Renováveis</b>						2,19E+15	2,17E+16	2,39E+16	4.762,09	0,03
6	Depreciação infra-estrutura	3.947,80	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	9,92E+14	1,88E+16	1,98E+16	3.947,80	0,02
7	Depreciação (Latadas)	579,35	US\$	0,40	5,02E+12	seJ/US\$	1,16E+15	1,75E+15	2,91E+15	579,35	0,00
8	Peças, Ferramentas e outros	116,86	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	2,94E+13	5,58E+14	5,87E+14	116,86	0,00
9	Combustível Fóssil (Diversos)	3,18E+09	J	0,01	1,86E+05	seJ/J	5,93E+12	5,87E+14	5,93E+14	118,09	0,00
S	<b>Serviços</b>						6,67E+17	9,72E+16	7,64E+17	152.159,76	0,95
SR	<b>Renováveis</b>						6,61E+17	7,35E+16	7,35E+17	146.277,46	0,92
10	Mão-de-obra (3,8 UTF)	3,98E+10	J	0,90	1,85E+07	seJ/J	6,61E+17	7,35E+16	7,35E+17	146.277,46	0,92
SN	<b>Não Renováveis</b>						5,79E+15	2,38E+16	2,96E+16	5.882,30	0,04
11	Eletricidade (Casa)	1,70E+10	J	0,5	5,64E+05	seJ/J	4,80E+15	4,80E+15	9,59E+15	1.909,17	0,01
12	Impostos (INSS)	3.973,12	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	9,98E+14	1,90E+16	2,00E+16	3.973,12	0,02
Y	<b>Energia Total</b>						6,80E+17	1,20E+17	8,01E+17	159.403,65	1,00
O	<sup>(4)</sup> Energia disponível produzida	2,62E+10	J								

<sup>(1)</sup> FR = Fração Renovável; <sup>(2)</sup> R = Emergia Renovável; <sup>(3)</sup> NR = Emergia Não Renovável. <sup>(4)</sup> Energia anual dos produtos. (Anexo, vide Notas).

**Tabela 14** – Avaliação do sistema de produção de olerícolas especializado, principalmente o chuchu sob manejo orgânico, em propriedade familiar – unidade de produção número 5.

Notas	Item	Valor	Unidade U /ha.ano <sup>-1</sup>	* <sup>1</sup> FR	Transformidade		EMERGIA (seJ/ha.ano <sup>-1</sup> )			Em\$/ha.ano <sup>-1</sup>	% de Y
					Valor	Unidade	* <sup>2</sup> R	* <sup>3</sup> NR	Total		
I	<b>Recursos Naturais</b>						4,80E+15	2,83E+13	4,83E+15	965,52	0,01
R	<b>Renováveis</b>						4,80E+15	0,00E+00	4,80E+15	956,04	0,01
1	Chuva (1400 mm)	7,00E+10	J	1	3,06E+04	seJ/J	2,14E+15	0,00E+00	2,14E+15	426,36	0,01
2	Água do córrego	9,00E+09	J	1	2,96E+05	seJ/J	2,66E+15	0,00E+00	2,66E+15	529,68	0,01
N	<b>Não Renováveis</b>						0,00E+00	2,83E+13	2,83E+13	9,48	0,00
3	Erosão	2,29E+08	J	0	1,24E+05	seJ/J	0,00E+00	2,83E+13	2,83E+13	9,48	0,00
F	<b>Recursos da Economia</b>						3,56E+17	6,20E+16	4,18E+17	83.223,40	0,99
M	<b>Materiais</b>						6,59E+15	2,00E+16	2,65E+16	5.284,56	0,06
MR	<b>Renováveis</b>						4,64E+15	2,98E+15	7,62E+15	1.517,03	0,02
4	Composto (SJVRP)	1,67E+11	J	0,60	4,45E+04	seJ/J	4,47E+15	2,98E+15	7,45E+15	1.483,77	0,02
5	Mudas e sementes próprias	9,56E+08	J	1	1,75E+05	seJ/J	1,67E+14	0,00E+00	1,67E+14	33,26	0,00
MN	<b>Não Renováveis</b>						1,95E+15	1,70E+16	1,89E+16	3.767,53	0,04
6	Depreciação infra-estrutura	2.982,76	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	7,49E+14	1,42E+16	1,50E+16	2.982,76	0,04
7	Depreciação (Latadas)	579,35	US\$	0,40	5,02E+12	seJ/US\$	1,16E+15	1,75E+15	2,91E+15	579,35	0,01
8	Peças, Ferramentas e outros	116,86	US\$	0,05	5,02E+12	seJ/US\$	2,94E+13	5,58E+14	5,87E+14	116,86	0,00
9	Combustível Fóssil (Diversos)	2,39E+09	J	0,01	1,86E+05	seJ/J	4,45E+12	4,40E+14	4,45E+14	88,56	0,00
S	<b>Serviços</b>						3,50E+17	4,20E+16	3,92E+17	77.938,84	0,93
SR	<b>Renováveis</b>						3,46E+17	3,84E+16	3,84E+17	76.506,96	0,91
10	Mão-de-obra (2,65 UTF)	2,08E+10	J	0,90	1,85E+07	seJ/J	3,46E+17	3,84E+16	3,84E+17	76.506,96	0,91
SN	<b>Não Renováveis</b>						3,60E+15	3,60E+15	7,19E+15	1.431,88	0,02
11	Eleticidade (Casa)	1,27E+10	J	0,5	5,64E+05	seJ/J	3,60E+15	3,60E+15	7,19E+15	1.431,88	0,02
Y	<b>Energia Total</b>						3,61E+17	6,20E+16	4,23E+17	84.188,92	1,00
O	* <sup>4</sup> Energia disponível produzida		1,82E+10	J							

(<sup>1</sup>) FR = Fração Renovável; (<sup>2</sup>) R = Emergia Renovável; (<sup>3</sup>) NR = Emergia Não Renovável. (<sup>4</sup>) Energia anual dos produtos. (Anexo, vide item Notas).



Os resultados dos fluxos energéticos agregados para os cálculos dos indicadores energéticos (clássicos e modificados) são os seguintes (Tabela 15):

**Tabela 15** – Parâmetros dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico.

Item <sup>(1)</sup>	Unidade	Unidades de Produção				
		1	2	3	4	5
Y	seJ/ha.ano <sup>-1</sup>	6,24E+17	2,63E+17	1,72E+17	8,01E+17	4,23E+17
O	J/ha.ano <sup>-1</sup>	1,99E+10	1,59E+10	2,56E+10	2,62E+10	1,82E+10
I	seJ/ha.ano <sup>-1</sup>	6,75E+15	6,80E+15	6,76E+15	4,83E+15	4,83E+15
R	seJ/ha.ano <sup>-1</sup>	6,73E+15	6,73E+15	6,73E+15	4,80E+15	4,80E+15
N	seJ/ha.ano <sup>-1</sup>	2,16E+13	7,15E+13	3,10E+13	2,61E+13	2,83E+13
F	seJ/ha.ano <sup>-1</sup>	6,17E+17	2,57E+17	1,65E+17	7,96E+17	4,18E+17
MR	seJ/ha.ano <sup>-1</sup>	2,18E+16	5,44E+15	5,36E+15	8,32E+15	6,59E+15
MN	seJ/ha.ano <sup>-1</sup>	7,00E+16	1,45E+16	1,15E+16	2,32E+16	2,00E+16
SR	seJ/ha.ano <sup>-1</sup>	3,41E+17	2,08E+17	1,10E+17	6,67E+17	3,50E+17
SN	seJ/ha.ano <sup>-1</sup>	1,85E+17	2,96E+16	3,79E+16	9,72E+16	4,20E+16
\$	US\$/ha.ano <sup>-1</sup>	64.303,58	8.607,12	14.933,52	13.189,42	10.960,91
Em\$	seJ/US\$	5,02E+12	5,02E+12	5,02E+12	5,02E+12	5,02E+12

<sup>(1)</sup> **Y**: Energia; **O**: Energia produzida; **I**: Contribuições dos recursos naturais; **R**: Recursos naturais renováveis; **N**: Recursos naturais não renováveis; **F**: Contribuições da economia; **MR**: Materiais renováveis; **MN**: Materiais não renováveis; **SR**: Serviços renováveis; **SN**: Serviços não renováveis; **\$**: Receitas; **Em\$**: Emdólar

Os indicadores energéticos (clássicos e modificados) obtidos são os seguintes (Tabela 16):

**Tabela 16** – Indicadores clássicos e modificados das unidades de produção estudadas

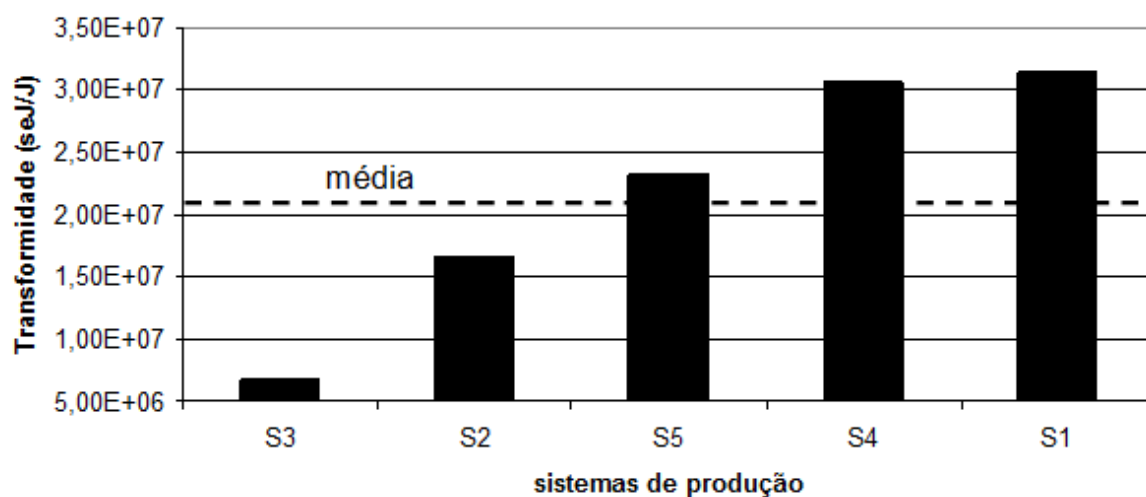
Indicador <sup>(1)</sup>	Unidade	Unidades de Produção					
		1	2	3	4	5	
1	Tr	seJ/J	3,14E+07	1,67E+07	6,72E+06	3,06E+07	2,32E+07
2	EYR	Adimensional	1,01	1,03	1,04	1,01	1,01
3	EYRm	Adimensional	2,45	5,99	3,48	6,65	6,82
4	EIR	Adimensional	91,45	37,91	24,43	164,83	86,54
5	EIRm	Adimensional	0,69	0,20	0,40	0,18	0,17
6	R	%	1,08	2,54	3,91	0,60	1,14
7	Rm	%	59,13	83,28	71,25	84,95	85,34
8	ELR	Adimensional	91,75	38,32	24,55	165,73	87,06
9	ELRm	Adimensional	0,69	0,20	0,40	0,18	0,17
10	ESI	Adimensional	0,01	0,03	0,04	0,01	0,01
11	ESIm	Adimensional	3,54	29,82	8,63	37,53	39,71
12	EER	Adimensional	1,93	6,12	2,29	12,09	7,68

<sup>(1)</sup> **1 - Tr**: Transformidade: [Tr=Y/O]; **2 - EYR**: Taxa de Rendimento: [EYR=Y/F]; **3 - EYRm**: Taxa de Rendimento Modificada: [EYRm=Y/(MN+SN)]; **4 - EIR**: Taxa de Investimento: [EIR=F/I]; **5 - EIRm**: Taxa de Investimento Modificada: [EIRm=(MN+SN)/(R+N+MR+SR)]; **6 - R**: Renovabilidade: [R=100\*(R/Y)]; **7 - Rm**: Renovabilidade Modificada: {Rm=100\*[(R+MR+SR)/Y]}; **8 - ELR**: Carga Ambiental: [ELR=(N+F)/R]; **9-ELRm**: Carga Ambiental Modificada: [ELRm=(N+MN+SN)/(R+MR+SR)]; **10 - ESI**: Índice de Sustentabilidade: [ESI=EYR/ELR]; **11 - ESIm**: Índice de Sustentabilidade Modificado: [ESIm=EYRm/ELRm]; **12 - EER**: Taxa de intercâmbio energética: [EER=(Y/receitas\*emdolar)].

Os indicadores energéticos clássicos e os modificados apresentam valores bastante distintos. Verifica-se, pela simples observação dos valores, que os indicadores modificados exprimem melhor a realidade dos sistemas de produção estudados. De acordo com Ortega et al.(2002), os indicadores modificados permitem uma melhor quantificação da sustentabilidade dos sistemas de produção de alimentos.

A maior parte da energia dos sistemas de produção é representada pela mão-de-obra familiar, uma característica dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados, sendo que o valor da mão-de-obra variou de aproximadamente 30 até 90% da energia total (Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14).

**Transformidade (Tr):** A transformidade dos sistemas de produção estudados variou de  $6,72E+06$  até  $3,14 E+07$  seJ/ J (Figura 11).



**Figura 11** – Hierarquia emergética das unidades de produção

A maior transformidade indica que os sistemas de produção utilizam mais energia por unidade de produto. Entre os cinco sistemas de produção estudados destacam-se duas unidades de produção (sistemas 1 e 3) que apresentaram a menor e a maior transformidade, respectivamente; sendo que as outras três unidades de produção estudadas (sistemas 2, 4 e 5) apresentaram valores intermediários.

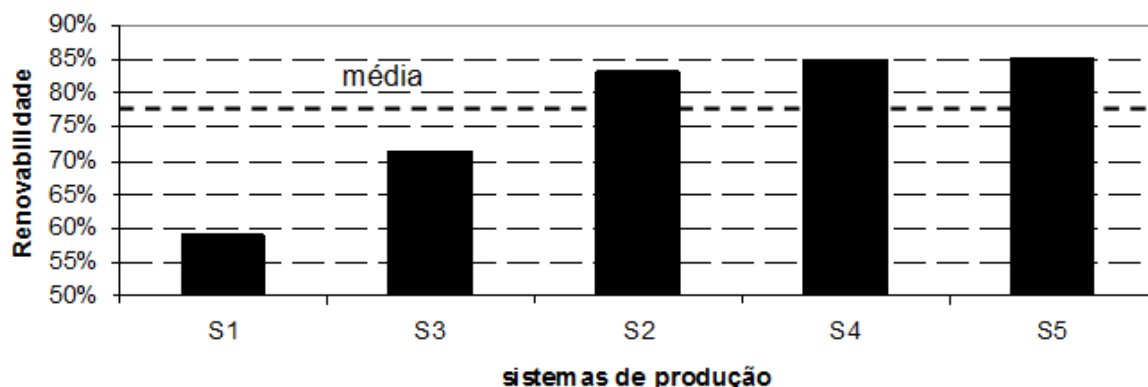
Segundo Comar (1998; 1999) e Cuvillier (2005), as transformidades dos sistemas de produção de olerícolas orgânicos e convencionais são iguais a  $2,37E5$  e  $6,3E6$  seJ/J, respectivamente; portanto, estes autores obtiveram valores menores que os encontrados no presente trabalho.

Não obstante, os valores de transformidade encontrados para os sistemas de produção de olerícolas orgânicas estudados são compatíveis com os valores obtidos pelos autores supracitados, podendo-se explicar as diferenças principalmente pela variação do volume de produto comercializado; sendo assim, os diferentes valores ocorrem não por causa da produtividade agrônômica ou da energia requerida para os sistemas de produção, mas sim pelo acesso ao mercado.

A transformidade é sensível à quantidade de energia produzida que é considerada no estudo; além da área de efetivo plantio. Na verdade, diversos fatores dinâmicos influenciam o valor do desempenho de transformação da energia dos sistemas de produção agrícola, como os aspectos ambiental, social e econômico de mercado.

**Renovabilidade:** A análise emergética considera que somente sistemas com alta renovabilidade são sustentáveis no longo prazo, principalmente devido à crescente carência de petróleo (combustíveis, agroquímicos), que será um sério problema a ser enfrentado pela maioria dos sistemas de produção, particularmente os sistemas convencionais, nas próximas

décadas. Em geral, as unidades de produção apresentaram alta renovabilidade, variando de aproximadamente 60% a 85% (Figura 12).

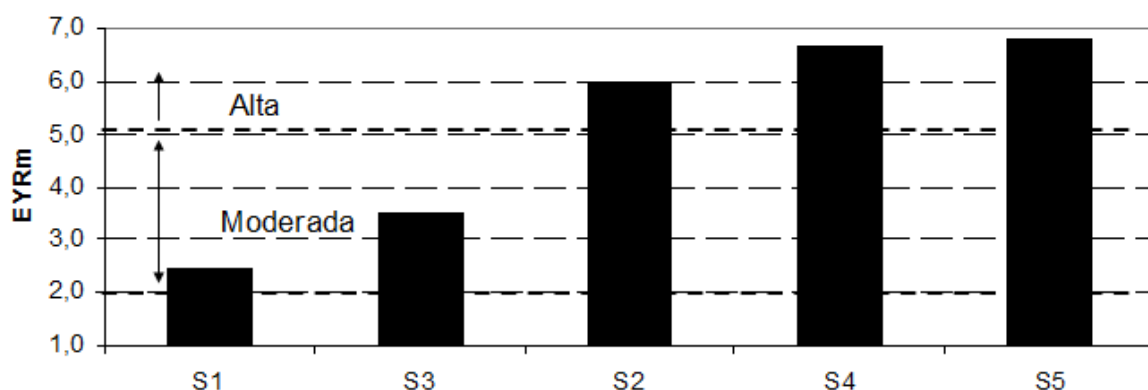


**Figura 12** – Renovabilidade (Rm) das unidades de produção

A unidade de produção estudada que apresentou menor renovabilidade ( $R_m = 60\%$ ) foi o sistema de produção e comercialização, que apresenta maior dependência de recursos da economia, principalmente de materiais e serviços não renováveis; porém, a renovabilidade de 60% é bastante alta quando comparada à renovabilidade de 30% dos sistemas agro-industriais convencionais (Odum, 2001).

**Rendimento emergético (EYR):** Os sistemas de produção estudados apresentaram taxas de rendimento (EYRm) variando de 2,45 a 6,82 (Tabela 16 e Figura 13).

O sistema de produção e comercialização (unidade de produção número 1) apresentou a menor energia líquida ( $EYR_m = 2,45$ ), devido ao seu alto requerimento de recursos da economia ( $F = 6,17E+17$ ) (Tabela 12). Em segundo lugar, o sistema de produção número 3 apresentou  $EYR_m = 3,48$ . Portanto, estas duas unidades produtivas (sistemas 1 e 3) apresentaram energia líquida média, indicando moderada contribuição para o crescimento econômico.



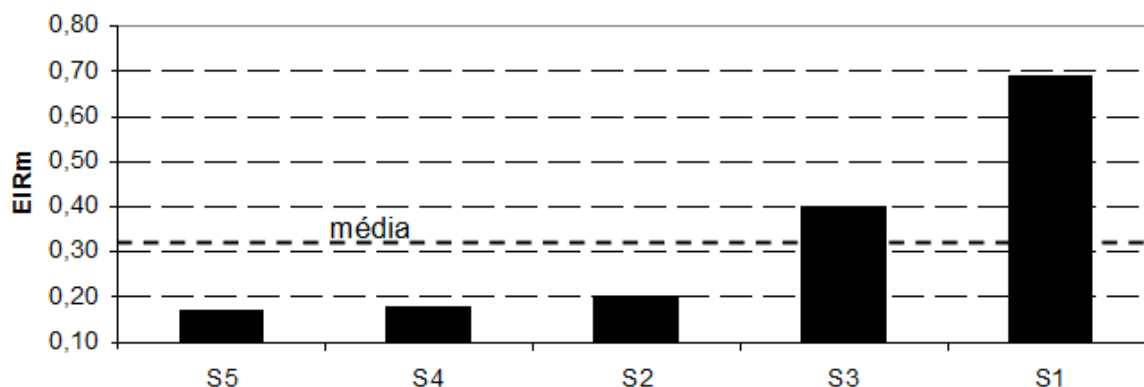
**Figura 13** – Taxas de rendimento (EYRm) das unidades de produção

Segundo Ortega *et al.* (2001) e Agostinho (2005), normalmente, o valor da taxa de rendimento (EYR) dos sistemas agrícola varia de 1 a 4.

Entretanto, três sistemas de produção (unidades 2, 4 e 5) apresentaram taxa de rendimento emergético maior que cinco ( $EYR_m > 5$ ), indicando o alto potencial de contribuição destes agroecossistemas para o crescimento econômico.

**Taxa de investimento emergética:** A  $EIR_m$  avalia a quantidade de recursos não renováveis que são requeridos da economia em relação aos recursos naturais renováveis utilizados no processo de produção.

As taxas de investimentos dos sistemas de produção estudados variaram de 0,17 a 0,69 (Figura 14).



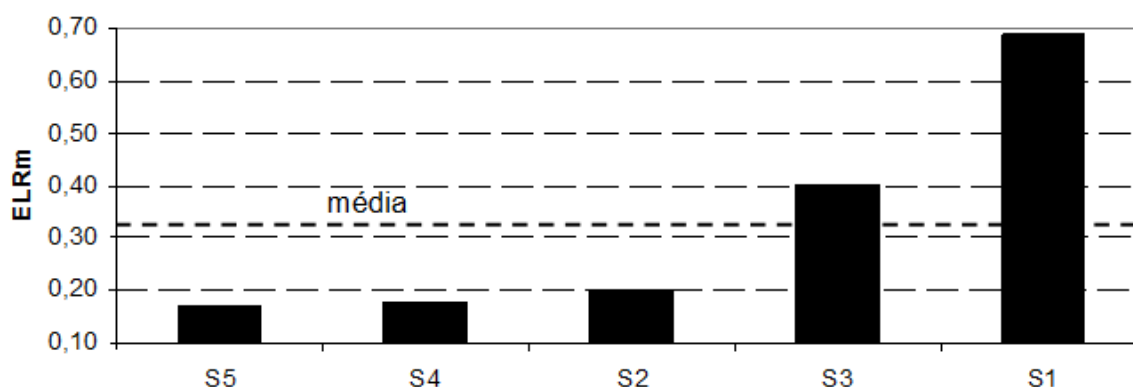
**Figura 14** – Taxas de investimento ( $EIR_m$ ) das unidades de produção.

A unidade estudada que apresentou a maior taxa de investimento ( $EIR_m = 0,69$ ) trata-se de um sistema de produção e comercialização do tipo familiar-empresarial, com vendas diretas (cadeia curta de comercialização); enquanto aos demais sistemas de produção estudados são sistemas de produção tipicamente familiares, com vendas dos produtos intermediadas (cadeia longa de comercialização).

Isto é, de certa forma, justifica-se a maior taxa investimento apresentada pelo sistema 1 em relação aos demais (sistemas 2, 3, 4 e 5), pelos investimentos na estrutura de comercialização.

**A carga ambiental:** A carga ambiental ( $ELR_m$ ) mensura o grau de perturbação provocado pelos agroecossistemas. Segundo Brown & Ulgiati (2002), o valor da carga ambiental menor que dois ( $ELR < 2$ ) é indicativo de baixo impacto ambiental (negativo).

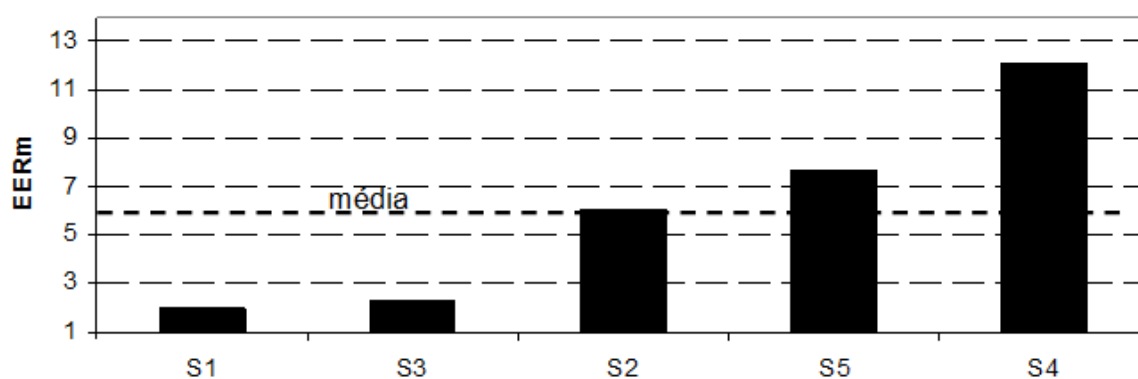
Todos os sistemas de produção estudados apresentaram carga ambiental considerada muito pequena ( $ELR_m \ll 2$ ), variando de 0,17 a 0,69. Não obstante, quanto maior a carga ambiental menor é a sustentabilidade do sistema de produção, em longo prazo (Figura 15).



**Figura 15** – Carga ambiental (ELRm) das unidades de produção

**Taxa de intercâmbio energético:** A taxa de intercâmbio (EERm) indica o benefício em energia para o comprador, uma vez que os sistemas agrícolas fornecem mais energia do que recebem-na quando da troca de produtos por dinheiro. Portanto, do ponto de vista do produtor, quanto mais próximo de um for a taxa de intercâmbio do sistema de produção ( $EER \approx 1$ ), melhor é o seu desempenho econômico.

A taxa de intercâmbio dos sistemas de produção estudados variou de 1,93 a 12,09 (Figura 16).



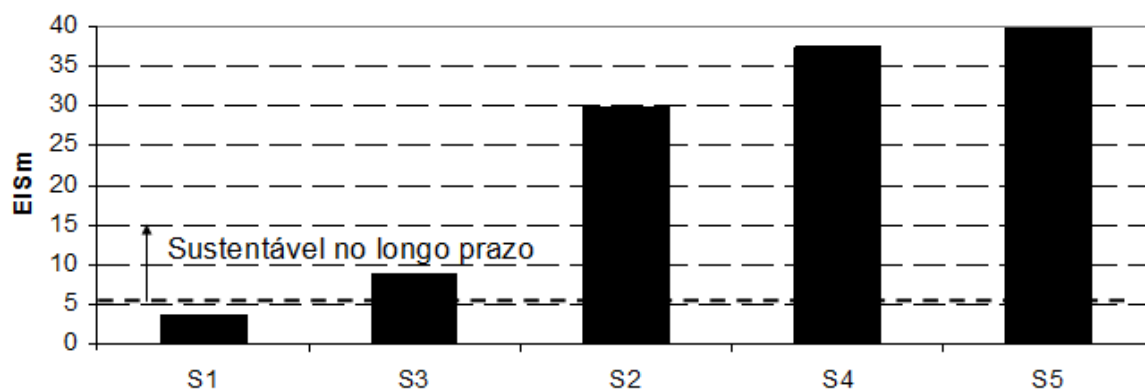
**Figura 16** – Taxa de intercâmbio energético (EERm) das unidades de produção

Os produtos e serviços orgânicos são caros, costuma-se afirmar. Entretanto, verifica-se que mesmo o sistema de melhor desempenho, sistema 1 ( $EER=1,93$ ), ele tem uma relação de troca energética que deve ser melhorada; principalmente, agregando valor com recursos naturais renováveis aos produtos e serviços fornecidos à sociedade.

Em geral, sugerem-se melhorias nas taxas de intercâmbio por meio da maior produtividade comercial, agregação de valor aos produtos e ganhos de escala na logística de comercialização e, também, a priorização de cadeias de comercialização cada vez mais curta e atendimento dos mercados mais próximos.

**Índice de sustentabilidade emergética:** O índice de sustentabilidade mede a relação benefício/custo dos sistemas produtivos ( $ESI = EYR/ELR$ ). Os sistemas estudados apresentaram índice de sustentabilidade (ESIm) variando de 3,54 até 39,71 (Figura 17).

Segundo Brown & Ulgiati (2002), o valor de ESI entre 1 e 5 corresponde a sistemas de baixo impacto e sustentáveis no médio prazo, enquanto que o índice maior que cinco ( $ESI > 5$ ) indica processos produtivos que contribuem para o crescimento econômico sem ocorrência de perturbação grave ao equilíbrio ambiental e sustentáveis em longo prazo.



**Figura 17** – Índice de sustentabilidade (ESIm) das unidades de produção

A tarefa de interpretação dos indicadores para elaboração de estratégias de manejo pode se tornar exaustiva à medida que aumenta o número de sistemas sob estudo.

Barrela *et al.* (2005) e Gianetti *et al.* (2007), propuseram o uso de diagramas ternários para análise emergética, como uma ferramenta de suporte à tomada de decisão.

Para elaboração dos diagramas ternários do presente trabalho, os valores relativos dos fluxos emergéticos foram agrupados em três classes: recursos ambientais ( $I\%$ ), recursos econômicos renováveis ( $F_R\%$ ) e não renováveis ( $F_N\%$ ) (Tabela 17):

**Tabela 17** – Valores absolutos e relativos dos fluxos emergéticos ambientais e econômicos renováveis e não renováveis

Fluxos	Unidades de Produção				
	1	2	3	4	5
<b>Valores Absolutos</b>					
MR	2,69E+16	7,55E+15	7,71E+15	7,62E+15	7,62E+15
SR	4,42E+17	2,34E+17	1,45E+17	7,35E+17	3,84E+17
FN= (MN+SN)	1,49E+17	1,63E+16	1,24E+16	5,35E+16	2,61E+16
MN	6,49E+16	1,24E+16	9,15E+15	2,39E+16	1,89E+16
SN	8,36E+16	3,87E+15	3,28E+15	2,96E+16	7,19E+15
FR = (MR+SR)	4,69E+17	2,42E+17	1,53E+17	7,43E+17	3,92E+17
IR	6,73E+15	6,73E+15	6,73E+15	4,80E+15	4,80E+15
IN	2,16E+13	7,15E+13	3,10E+13	2,61E+13	2,83E+13
I total (I = IR+IN)	6,75E+15	6,80E+15	6,76E+15	4,83E+15	4,83E+15
Y = (IR+IN+MR+MN+SR+SN)	6,24E+17	2,65E+17	1,72E+17	8,01E+17	4,23E+17

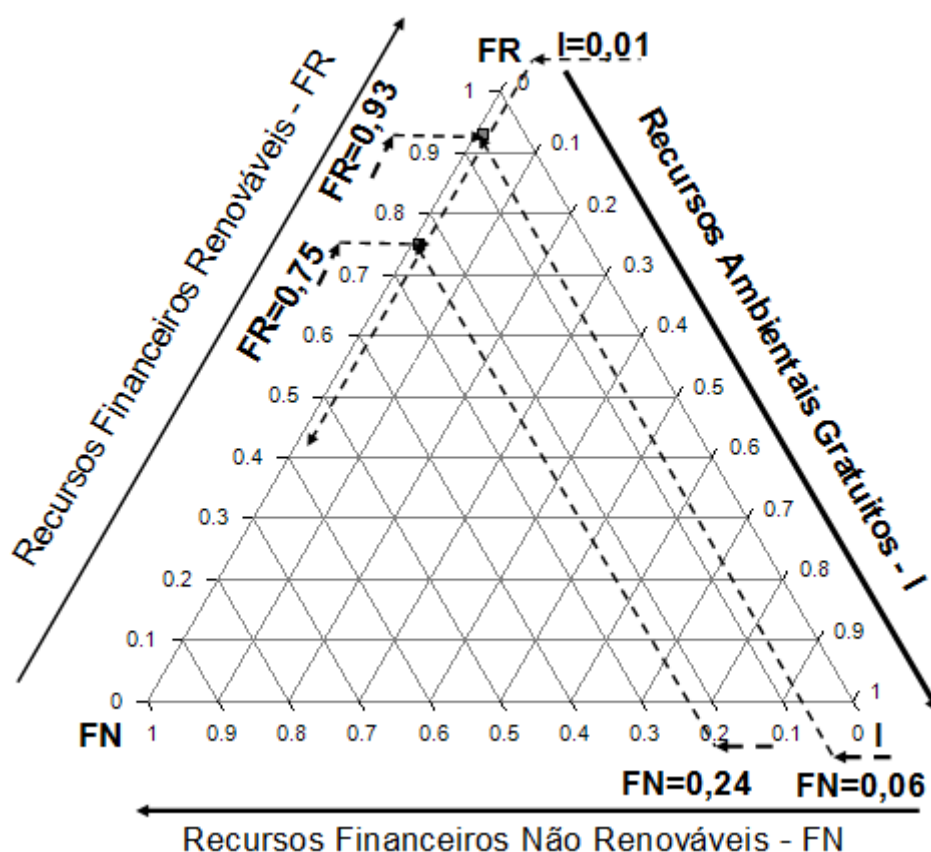
**Tabela 17 – Continuação**

Fluxos	Unidades de Produção				
	1	2	3	4	5
	Valores Relativos				
FN % = FN/Y	0,238	0,061	0,072	0,067	0,062
FR % = FR/Y	0,751	0,913	0,888	0,927	0,927
I % = (IN+IR)/Y	0,011	0,026	0,039	0,006	0,011
Y normalizado (Y = FN% +FR% +I%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

O diagrama ternário apresenta as seguintes coordenadas triangulares: eixo da direita para a representação das fontes de recursos ambientais (I), eixo da esquerda para os recursos econômicos renováveis ( $F_R$ ) e o eixo de baixo para representação do percentual dos recursos econômicos não renováveis ( $F_N$ ).

Os indicadores emergéticos de rendimento (EYR) e investimento (EIR) estão associados ao eixo dos recursos financeiros não renováveis ( $F_N$ ); e, associam-se os indicadores de renovabilidade (R%) e carga ambiental (ELR) à linha dos recursos financeiros renováveis ( $F_R$ ).

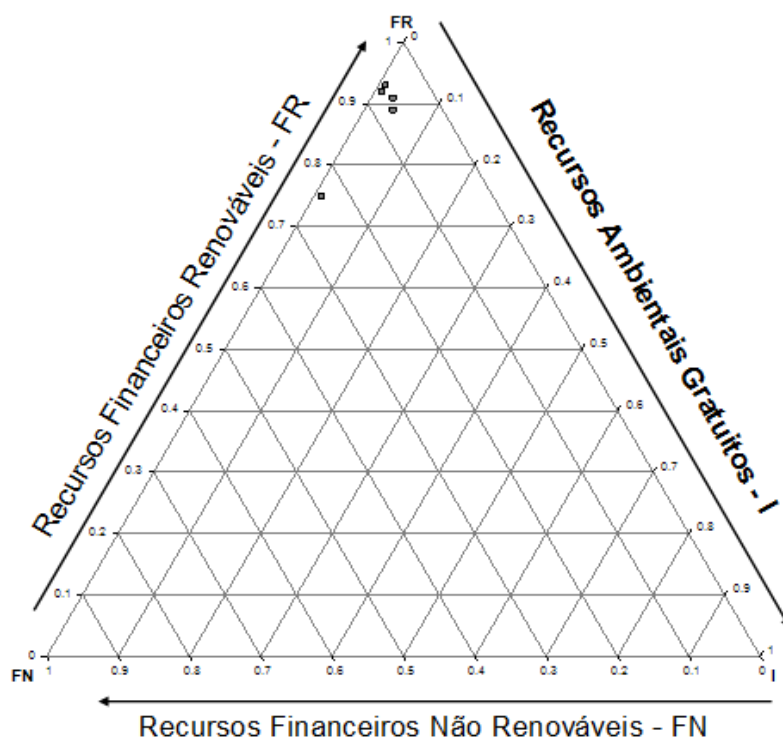
Verifica-se que os sistemas que apresentam maior e menor índice de sustentabilidade emergética têm a mesma percentagem de utilização de recursos ambientais (I), embora apresentem proporcionalmente o uso de diferentes quantidades de recursos econômicos renováveis ( $F_R$ ) e não renováveis ( $F_N$ ) (Figura 18).



**Figura 18 – Diagrama ternário dos sistemas de maior e menor índice de sustentabilidade**

Considerando inalterado o uso dos recursos ambientais gratuitos (I) ao longo do tempo, podem-se sugerir estratégias de desenvolvimento dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico; particularmente, para o sistema de menor índice de sustentabilidade.

Observa-se que, se aumentados os gastos financeiros, os investimentos devem ser orientados para aplicações em recursos e serviços com maiores frações renováveis ( $F_R$ ) e, em consequência, a diminuição do percentual de gastos com recursos não renováveis ( $F_N$ ), para melhoria da sustentabilidade, em longo prazo. De certa forma, isto é importante para todos os sistemas de produção estudados (Figura 19).



**Figura 19** – Diagrama emergético ternário das cinco unidades de produção

O grau de impacto dos agroecossistemas obtido através o cálculo da área de suporte (SA) foi o seguinte (Tabela 18).

**Tabela 18** – Área de suporte para o balanço emergético dos sistemas de produção

Item	Unidade	Sistemas de Produção				
		1	2	3	4	5
Valores						
MN+SN+N	seJ.ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	2,55E17	4,41E16	4,94E16	1,20E17	6,20E16
Potência emergética <sup>(1)</sup>	seJ.ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	2,30E15	2,30E15	2,30E15	2,30E15	2,30E15
Área do sistema de produção	hectares	0,7	0,7	0,8	0,3	0,4
Área de suporte <sup>(2)</sup>	hectares	77,78	13,47	17,23	15,74	10,81

<sup>(1)</sup> Potencia emergética =  $R = (1500 \text{ mm}) * (10000 \text{ m}^2/\text{ha}) * (500 \text{ J/kg}) * (3,06E4 \text{ se/J}) = 2,30E15$ . <sup>(2)</sup>  $SA = (Mn + Sn + N) / R * \text{ha}$ . Onde: SA=Área de suporte; Mn=Materiais não renováveis; Sn=Serviços não renováveis; N=Recursos naturais não renováveis; R=Potencia emergética renovável da região; ha=Área do sistema de exploração

Os valores obtidos com o cálculo da área de suporte mostram que a unidade de produção 1 (sistema 1) precisa de maior área de suporte em relação aos demais sistemas de produção estudados, porque trata-se de um sistema de produção e comercialização que utiliza maior quantidade de recursos não renováveis que as unidades de produção que não possuem estrutura de comercialização própria.



Oportunamente, a área de suporte calculada é apenas uma conversão da energia não renovável utilizada pelos sistemas de produção em área natural correspondente a uma floresta virtual que tem a mesma quantidade de energia renovável que é, teoricamente, capaz de balancear o uso de recursos não renováveis utilizados nos sistemas de produção. Isto é, na prática, a área de suporte não significa uma área de floresta natural de igual tamanho forneceria todos os materiais e serviços que os sistemas de produção necessitam, em termos de recursos renováveis.

A área de suporte calculada depende do valor da potência energética renovável do ecossistema tomado como referência, o que afeta o resultado. Portanto, se a potência energética renovável tomada como referência for maior, conseqüentemente, menor será o valor da área de suporte, vice-versa; pois, não existem valores de referência fixados para a potência energética renovável de uma determinada região (Brown & Ulgiati, 2001; Agostinho, 2009).

## 5 CONCLUSÕES

Os indicadores emergéticos modificados mostraram-se mais coerentes e precisos que as formulações clássicas para a análise emergética de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, em unidades familiares, na Região Serrana Fluminense.

Os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados contribuem para o crescimento econômico, com baixa carga ambiental; portanto, são sustentáveis, em longo prazo.

A utilização dos diagramas ternários facilita a comparação entre os sistemas estudados e o planejamento de estratégias emergéticas para o desenvolvimento dos agroecossistemas.

A maior eficiência de transformação da energia na cadeia de produtos orgânicos pode ser alcançada por meio do aumento da produção comercializada; porém, o aumento dos investimentos nos sistemas de produção e comercialização deve restringir o uso de recursos econômicos não renováveis.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINHO, F. D. R. Uso de análise emergética e sistema de informações geográficas no estudo de pequenas propriedades agrícolas. Campinas: UNICAMP, 2005. 206p. (Dissertação).
- AGOSTINHO, F. D. R.; CAVALLET, O.; ORTEGA, E. Forest area calculation to mitigate the environmental impact of a grafical industr. comparisom between emery and energy analysis. Revista brasileira de Agroecologia, 2: 1535-1539, 2007.
- AGOSTINHO, F. D. R.. Estudo da sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários da bacia hidrográfica dos rios Mogi-Guacú e Pardo através da análise emergética. Campinas: UNICAMP, 2009. 204p. (Tese).
- ASSIS, R. L. Agroecologia no Brasil: análise do processo de difusão e perspectivas. Campinas: UNICAMP, 2002. 150p (Tese).
- BARRELA, F. A.; ALMEIDA, C. M. V. B. de; GIANNETTI, B. F. Ferramenta para tomada de decisãp considerantdo a interação dos sistemas de produção e o meio ambiente. Revista Produção, v.15, n.1, p.87-101, 2005.
- BROWN, M.T.; ULGIATI, S. Emergy measures of carrying capacity to evaluate economic investiment. Population and Environment, 22: 471-501, 2001.
- BROWN, M.T.; ULGIATI, S. Emergy evaluations and environmental loading og electricity productions systems. J Cleaner Prod, 10, p. 321-334, 2002.
- BROWN, M.T.; ULGIATI, S. Emergy analysis and environmental accounting. Encyclopedia of Energy, 2, 329-354. 2004.
- CASTELLAN G.W. Físico Química 1 (Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A)., 1984. p363-365.
- CAVALETT, O. Análise emergética da piscicultura integrada à criação de suínos e de pesque-pagues. Campinas: Unicamp, 2004. 140p. (Dissertação).
- CAVALETT, O.; QUEIROZ, J. F. ; ORTEGA, E. Emergy assesssment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in South Brazil. Ecological modeling 193 (2006) p.205-224.
- COMAR, M.V. Avaliação emergética de projetos agrícolas e agro-industriais no Alto do Rio Pardo: a busca do desenvolvimento sustentável. Campinas: Unicamp, 1998. 197p. (Tese).
- COMAR, M.V. Emergy evaluation of organic and conventional horticultural production in Botucatu, SP. In: First Biennial Emergy Analysis Research Conference, Gainesville, Florida, September, 1999.
- CUVILLIER, S. Análise de metodologias de avaliação da sustentabilidade de sistemas agrícolas. Rio de Janeiro: UFRJ, 2006. 176p. (Dissertação).
- DAILY, G. C.; EHRLICH, P.R. Population, sustainability and earth's carrying capacity: a framework of estimating population size and lifestyles that could be sustained without undermining future generations. BioScience, 42: 761-71, 1992.
- GIANNETTI, B. F.; BARRELLA, F. A.; BONILLA, S. H.; ALMEIDA, C. M. V. B. de. Aplicações do diagrama emergético triangular na tomada de decisão ecoeficiente. Revista Produção, v.17; n.2, p.246-262, 2007.
- ODUM, H. T. Environmental accounting, emery and environmental decision making. New York: John Wiley, 1996. 370p.
- ODUM, H. T.; ODUM, E. C. Modeling for all scales, an introduction to system simulation. Gainesville: University of Florida, 2000. 458p.
- ODUM, H. T.; ODUM, E. P. The energetic basis for valuation of ecosystem services. Ecosystems, 2000, 3:21-23.
- 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. p.235-247. 2001.
- ORTEGA, E.; MILLER, M., Anami, M. From emery analysis to public policy: soybean in Brazil. Proceedings of Second Biennial Emergy Analysis Research Conference: "Energy Quality and Transformities". Gainesville (Florida), 2001. 18 p.
- ORTEGA, E.; ANAMI, M. H.; DINIZ, G. Certification of food products using emery analysis. In: Proceedings of 3<sup>rd</sup> International Workshop Advances in Energy Studies. Porto Venere (Italy), 2002. 227-237p.

- ORTEGA, E. O conceito de emergência e a certificação agroecológica com visão sistêmica. In: Agroecologia, princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília: Embrapa, 2005. 517p.
- RODRIGUES, R. Agricultura e Agronomia. In: Estudos Avançados 15(43). Dossiê desenvolvimento rural. São Paulo: USP, 2001. p 289-302.
- SEVILLA GUZMÁN, E. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável. In: Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p.103-132.
- SARCINELLI, O.; ORTEGA, E. (2006), Análise do desempenho econômico e ambiental de diferentes modelos de cafeicultura em São Paulo – Brasil: estudo de caso na região cafeeira da Média Mogiana do Estado de São Paulo. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 5: 13-26p. 2006.
- SOUZA, A. M. Análise emergética do assentamento Fazenda Ipanema: reforma agrária e desenvolvimento sustentável. Campinas: Unicamp, 2006. 135p. (Dissertação).
- WACKERNAGEL, M.; REES, W. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. Gabriola Island, BC, and Philadelphia, New Society Publishers, 1996.



## 6 CONCLUSÕES GERAIS

A combinação de sistemas de indicadores possibilita a avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas a partir de diferentes pontos de vista que são complementares, permite vislumbrar metas e estratégias para a melhoria dos sistemas de produção e, em consequência, a qualidade de vida, das presentes e futuras gerações.

A história da olericultura orgânica tem suas raízes no associativismo entre agricultores e consumidores, na Região Serrana Fluminense. A evolução da cadeia produtiva de olerícolas orgânicas depende, portanto, do fortalecimento das associações e estruturação de novos arranjos produtivos de caráter solidário.

O método IDEA é uma ferramenta de diagnóstico da sustentabilidade de unidades de produção agrícola, de caráter didático-pedagógico e multidisciplinar, aplicável ao planejamento de sistemas de produção de olerícolas orgânicas de base familiar. Todavia, o número e os critérios de determinação dos indicadores devem ser adaptados às condições locais, principalmente para facilitar a apropriação por parte dos agricultores. A dimensão econômica mostra-se como o principal eixo limitante da sustentabilidade das unidades de produção estudadas.

O balanço aparente de nutrientes é um instrumento de diagnóstico rápido sobre o fluxo de nutrientes em determinado período, frente à impossibilidade de uma análise completa, e gera um conjunto de informações importantes sobre as tendências de mudanças dos estoques dos nutrientes e da fertilidade do solo, permitindo o planejamento de programas de adubação capazes de manter as colheitas em níveis satisfatórios e melhorias da sustentabilidade, do ponto de vista nutricional. A maioria dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico apresenta balanço parcial positivo (sistemas 1, 2, 3 e 5) para os nutrientes N, P, K, Ca e Mg; somente no sistema 4, detecta-se baixo déficit anual de N. Os sistemas de produção estudados apresentam históricos de aumento da fertilidade química dos solos considerando os solos sob vegetação da Mata Atlântica do entorno como referências; portanto, evidencia-se que são capazes de manter a fertilidade do solo em níveis adequados para a produção de alimentos de qualidade, em longo prazo.

Os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, estudados através da análise emergética, contribuem para o crescimento econômico, com baixa carga ambiental, gerando benefícios para o consumidor. A maior eficiência da transformação da energia na cadeia orgânica pode ser alcançada por meio do aumento da produção comercializada; porém, a estratégia emergética para o aumento dos investimentos nos sistemas de produção e comercialização sugere a redução do percentual de uso de recursos econômicos não renováveis.



## ANEXOS

Os anexos apresentados são: Anexo A – Fotos e imagens das unidades de produção; Anexo B - Temáticas sobre o balanço de nutrientes, tais como, Equação Universal de Perda de Solo (USLE), tolerância de perdas de solo e as memórias de cálculo das quantidades de nutrientes exportadas pelos cinco sistemas de produção; e, Anexo C – Memórias de cálculo das tabelas energéticas.

### ANEXO A

Neste Anexo A são apresentadas fotografias e imagens sobre as cinco unidades de produção estudadas.



**Foto 1** – Vista geral do sistema de produção 1 (em processo de implantação).

---



**Imagem 1** – Sistemas de produção 2 e 3 (acima e abaixo na imagem, respectivamente).

---





---

**Imagem 2** – Sistemas de produção 4 e 5 (a direita e esquerda da imagem, respectivamente).

## ANEXO B

Neste Anexo B são apresentados e discutidos temas sobre o balanço de nutrientes. Isto é: No Anexo B.1 – são apresentados os assuntos relativos à determinação da erosão hídrica por meio da Equação Universal de Perda de Solo (USLE), além da tolerância de perdas de solo.

No Anexo B.2 - são apresentados os dados sobre as quantidades de nutrientes exportadas pelos cinco sistemas de produção, sendo:

- (i) B.2.1 - As quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 1;
- (ii) B.2.2 - As quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 2;
- (iii) B.2.3 - As quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 3;
- (iv) B.2.4 - As quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 4; e,
- (v) B.2.5 - As quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 5.

### Anexo B.1- Erosão hídrica por meio da Equação Universal de Perda de solo

Os nutrientes existentes no solo são oriundos de duas fontes naturais principais (Lima, 1985): (i) o processo de intemperismo das rochas; e, (ii) a adição pelas chuvas. A produtividade dos sistemas florestais é dependente, portanto, da velocidade de liberação de novos nutrientes pelo intemperismo e adições pelas chuvas.

A quantificação do intemperismo não é tarefa fácil; mas, sem dúvida este é importante na renovação do estoque de nutrientes do solo, em longo prazo. Em curto prazo, a manutenção da produtividade florestal é mais dependente da entrada de nutrientes via atmosfera, que passa a preponderar sobre o intemperismo (Lima, 1985).

Ranzini & Lima (2002), realizaram medições contínuas da precipitação e parâmetros da qualidade da água da chuva em duas microbacias, no Vale do Paraíba, durante dois anos. A concentração média de nutrientes na água da chuva obtida (água da chuva mais poeiras depositadas no pluviógrafo) é a seguinte (Tabela B.1.1):

**Tabela B.1.1** – Concentração média de nutrientes da água da chuva (mg L<sup>-1</sup>)

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
0,80	1,30	0,07	0,49	0,35	0,12

**Fonte:** adaptado de Ranzini & Lima (2002).

Em regiões tropicais, as chuvas que adicionam nutrientes nos solos florestas podem ter, por outro lado, grande importância em sistemas de produção agrícolas devido às perdas de nutrientes provocadas pela erosão hídrica acelerada que causa a degradação dos solos.

Em ecossistema natural (não é perturbado), o processo de formação do solo se desenvolve em ritmo tal que se equilibra com a remoção de partículas pela erosão geológica.

A erosão geológica é tão antiga como a história do planeta; começou quando as primeiras camadas de ar se agitaram e as primeiras gotas de chuva caíram sobre a terra, muito antes do homem. Geralmente, o mal da erosão aparece quando o homem, por ignorância, destrói os anteparos naturais, forçando o processo erosivo e deixando-o agir livremente. Quando isso ocorre, em poucos anos, os agentes atmosféricos podem erodir os solos que a natureza levou séculos para formar, se não forem estabelecidas práticas de conservação.

A ciclagem de materiais da terra deve-se à erosão contínua dos continentes. A perda de solo reduz o seu peso, permitindo que a terra suba novamente pelo ajuste isostático (Odum, 1996). Desta forma, a terra é reciclada. Garrels et al. (1975) sugeriram a taxa média de erosão-reciclagem das rochas (com densidade de 2,6 g cm<sup>-3</sup>) de 2,4 cm em 1000 anos.

Existe, portanto, certa tolerância de perda de solo, que é a quantidade de terra que pode ser perdida por erosão (expressa em toneladas por unidade de superfície e por ano); mas, o solo é conservado em nível elevado de produtividade e produção econômica, com os meios técnicos atuais, por longo período de tempo. Segundo Bertoni & Lombardi Neto (2008), a tolerância depende principalmente das propriedades físicas, profundidade, topografia e erosão antecedente do solo. O problema é definir quanto de erosão é permissível ou tolerável. A resposta é relativamente simples: a perda do solo deve ser igual a intensidade de formação, em determinado período de tempo. Mas, esse tempo não é facilmente medido com precisão<sup>37</sup>.

Lombardi Neto & Bertoni (1975), estabeleceram padrões de tolerância de perdas de solo para o estado de São Paulo, levando em consideração a profundidade e outras características físicas. A profundidade de um metro (1m) de solo foi considerada como favorável para o desenvolvimento do sistema radicular. E, o período de tempo para desgastar essa quantidade de solo foi estabelecido em um milênio (1000 anos). Desta forma, estes autores determinaram a tolerância de perdas para diferentes tipos de solo, que varia de 4,2 a 15 toneladas.ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, para solos pouco desenvolvidos e bastante profundos, respectivamente (Tabela B.1.2).

**Tabela B.1.2** – Limites de tolerância de perdas por erosão para solos do estado de São Paulo.

Solos <sup>(1)</sup>	Tolerância de perdas de solo (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	
	Amplitudes	Média ponderada em relação à profundidade
<b>COM B TEXTURAL</b>		
Argissolo (Podzólico vermelho-amarelo)	5,2 a 7,6	6,6
Argissolo (Podzólico vermelho-amarelo) Piracicaba	3,4 a 11,2	7,9
Argissolo (Podzólico vermelho-amarelo) Lins	3,8 a 5,5	4,5
Terra Roxa estruturada	11,6 a 13,6	13,4
<b>COM B LATOSSÓLICO</b>		
Latossolo vermelho-escuro, orto	11,5 a 13,3	12,3
Latossolo vermelho-escuro, f. arenosa	13,4 a 15,7	15,0
Latossolo vermelho-amarelo, orto	12,5 a 12,8	12,6
Latossolo vermelho-amarelo, f. arenosa	13,6 a 15,3	14,2
Latossolo vermelho-amarelo, f. rasa	4,3 a 12,1	9,8
Latossolo vermelho-amarelo, húmico	10,9 a 11,5	11,2
<b>SOLOS POUCO DESENVOLVIDOS</b>		
Litossolo	1,9 a 7,3	4,2
Regossolo	9,7 a 16,5	14,0

<sup>(1)</sup> Os dados originais apresentam maior número de tipos de solo.

Fonte: Adaptado de Bertoni & Lombardi Neto (2008)

Entre os métodos utilizados para prever as perdas que um solo irá sofrer sob determinadas condições de manejo e para avaliar a eficiência das práticas conservacionistas destaca-se a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE – *Universal Soil Loss Equation*).

Os primeiros trabalhos para se desenvolver equações que avaliassem as perdas de solo datam de 1940, na região do *Corn Belt* dos Estados Unidos. O processo empregado é conhecido por método do plantio em declive. Em 1954, o *Runoff and Soil-Loss Data Center* do *Agriculture Reserch Service*, com sede na Universidade de Purdue, desenvolveu a equação universal de perdas do solo. Wischmeier & Smith (1978) revisaram-na. Segundo (Bertoni & Lombardi Neto, 2008), a equação desenvolvida por Wischmeier & Smith é a seguinte:

$$E = R.K.L.S.C.P$$

<sup>37</sup> Bennett (1939) estimou-se em 300 anos o tempo de formação de 25 mm de solo superficial. Segundo Hudson (1973), quando o solo é perturbado no seu preparo, esse tempo pode ser reduzido para 30 anos. A velocidade de formação de 25 mm de solo em 30 anos corresponde à perda de terra de 12,5 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Onde:

**E** = perda de solo calculada por unidade de área, ou seja, a taxa média anual de erosão em toneladas ( $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ).

**R** = fator chuva: erosividade, índice de erosão pela chuva ( $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ );

**K** = fator 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 um declive de 9% e comprimento de rampa de 25m ( $\text{Mg} \cdot \text{h} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ );

**L** = fator comprimento do declive (m): relação de perdas de solo entre um comprimento de declive qualquer e um comprimento de rampa padrão (25 m) para o mesmo solo e grau de declive;

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

**C** = fator uso e manejo do solo: relação entre perdas do 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; e,

**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.

A erosão calculada pela USLE é o produto dos fatores R, K, L, S, C e P. Os fatores R, K, L e S não influenciados pela ação antrópica, enquanto os fatores C e P são diretamente influenciados pela ação antrópica. A multiplicação dos fatores R, K, L, S determina o chamado de Potencial Natural de Erosão (PNE), que pode ser entendido como a perda de solo devido exclusivamente aos fatores naturais intrínsecos que condicionam a erosão do solo, quando se tem um solo sem nenhuma cobertura vegetal ( $C=1$ ) ou dotado de prática conservacionista ( $P=1$ ).

Em seguimento, são apresentados e discutidos os fatores utilizados para o cálculo da quantidade de solo erodido pela USLE ( $E = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot P$ ), quais sejam:

**a) Fator R:** erosividade – é um índice numérico que expressa a capacidade de uma chuva causar erosão em uma área sem proteção. O índice EI30 (intensidade máxima de chuva em 30 minutos contínuos) é considerado adequado para estimativa da erosividade, para as condições brasileiras (Bertoni & Lombardi Neto, 2008).

O fator de erosividade (R) foi determinado em mapeamento nacional; e, para vários estados brasileiros, incluindo São Paulo e Rio de Janeiro (ARAÚJO, 2008).

Neste trabalho, a erosividade (R) utilizada foi igual para todos os sistemas de produção estudados, considerando a localização geográfica das unidades de produção optou-se por uma média do fator R de Montebeller (2005); isto é, fator R:  $11.000 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  (Figura B.1).



**Figura B.1** – Mapa de erosividade (índice EI30) da Região Serrana Fluminense.  
**Fonte:** Adaptado de Montebeller, 2005.

**b) Fator K:** erodibilidade – o fator erodibilidade do solo (K) tem seu valor quantitativo determinado experimentalmente em parcela unitária (padrão), sendo expresso como a perda de solo (A) por unidade de índice de erosão da chuva (R), ou seja,  $K = A/R$ .

A erodibilidade é um fenômeno que alguns solos apresentam por serem 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 de erodibilidade é devida às propriedades inerentes de certos tipos de solos (Bertoni & Lombardi Neto, 2008).

A erosividade é resultante das características físicas, químicas, mineralógicas e biológicas, cujas interações conferem uma capacidade de resistência ao desprendimento e transporte de partículas do solo pelas chuvas ou enxurradas, que provocam a erosão do solo. Isto é, quanto maior a estabilidade dos agregados em água (menor desagregação), maior a permeabilidade, menor é o escoamento superficial e menor o arraste de partículas individualizadas (principalmente areias finas e silte); e, em consequência, o solo tem maior resistência à erosão.

As medidas experimentais do valor do fator K (erodibilidade) são custosas e requerem muitos anos para determinação (Bertoni & Lombardi Neto, 2008). Porém, o fator K é obtido no monograma de Wischmeier & Smith (1978), desenvolvido para solos com altos teores de silte, em clima temperado, onde a erodibilidade tende a aumentar principalmente com o aumento do teor de silte (Correchel, 2003).

No Brasil, Denardin (1990) compilou dados de K medidos para diferentes tipos de solos, em mais de 30 localidades, no Nordeste e Sul do país; e, propôs o uso de equações para a obtenção do valor de K, em função das propriedades do solo, obtendo boas correlações. Roloff & Denardin (1994) desenvolveram uma equação simplificada para estimativa do fator K. A equação simplificada de Roloff & Denardin (1994) para determinação do fator K erodibilidade, utilizada por Araújo (2008), na região serrana do estado do Rio de Janeiro, é a seguinte:

$$K = 0,0049 \text{ PER} + 0,0331 M^{0,5}$$

Onde: **M** = Teor de silte ( $\text{g.g}^{-1}$ ) multiplicado pela soma de silte e areia fina ( $\text{g.g}^{-1}$ ), sendo a análise física feita com NaOH  $1 \text{ mol.l}^{-1}$ ; e, **PER** = Permeabilidade do solo.

Segundo Wischmeier & Smith (1978), a descrição da permeabilidade (PER) é codificada em: **rápida** = 1; **moderada a rápida** = 2; **moderada** = 3; **moderada a lenta** = 4; **lenta** = 5; e, **muito lenta** = 6.

Neste trabalho, a estimativa da erodibilidade (fator K), bem como os valores de M e PER para as unidades de produção estudadas utilizadas foram os seguintes (Tabela B.1.3):

**Tabela B.1.3 – Erodibilidade (fator K) calculado para as unidades de produção estudadas.**

Unidade de Produção	M	Permeabilidade (Per)		K
		Classificação	Valor	
1	0,0176	Moderada	3	0,019091
2	0,0320	Lenta	4	0,025521
3	0,0144	Lenta	4	0,023572
4	0,0078	Moderada	3	0,017623
5	0,0072	Moderada	3	0,017509

**c) Fator LS:** fator topográfico – O fator L e o fator S combinados são conhecidos como fator topográfico. O comprimento (L) e o gradiente (S) do declive influenciam a intensidade da erosão. O fator topográfico (LS) é definido pela relação da perda de solo por unidade de área em um declive qualquer e a perda de solo de uma parcela padrão<sup>38</sup>.

Bertoni & Lombardi Neto (2008) apresentaram os valores do fator topográfico em tabelas, combinando o grau de declive (D) e o comprimento de rampa (C), a partir da seguinte equação:

$LS = 0,00984 * C^{0,63} * D^{1,18}$ . Onde: C = Comprimento de rampa (m); e, D = Declividade em porcentual (%).

Para estimativa do fator topográfico (LS), o comprimento da rampa (L) foi medido com trena; e, o valor de declive (S) obtido por meio de nível de mangueira. Os valores do fator topográfico (LS) para as unidades estudadas foram os seguintes (Tabela B1.4):

**Tabela B.1.4 – Valores do fator topográfico (LS)**

Unidade de Produção	Comprimento (m)	Declividade (%)	LS <sup>(1)</sup>
1	106,15	6,0386	0,006774
2	106,9	6,8662	0,007917
3	135,85	4,4019	0,005449
4	40,76	28,8273	0,023443
5	40,76	28,8273	0,023443

<sup>(1)</sup> O cálculo de LS considerou apenas as áreas de encosta, desconsiderando as áreas de baixada.

**d) Fator C:** fator de uso e manejo (C) - é a relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado de certa maneira e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto.

As perdas de solo que ocorrem em uma área mantida continuamente descoberta podem ser estimadas pelo produto dos termos R, K, L e S da USLE, conhecido como o potencial natural de erosão (PN ou PNE), como mencionado. 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, bem como do estágio de crescimento e desenvolvimento da cultura durante o período das chuvas (Bertoni & Lombardi Neto, 2008).

<sup>38</sup> Parcela padrão ou parcela unitária de 25 metros de comprimento com 9% de declive.

A determinação do fator C requer uma seqüência de dados obtidos em vários anos, usualmente maior que oito anos, cujo resultado final representa uma integração de fatores: cultura, estádios da planta, manejo e rotação, além das interações com as condições de clima e a própria natureza do solo.

O valor numérico do fator C é especificamente válido para a região onde o mesmo foi determinado (De-Maria & Lombardi Neto, 1997). Porém, segundo Araújo (2008), o fator C estando diretamente associado à cobertura do solo, é possível a extrapolação de dados do fator C de uma região para outra, quando a variável biomassa produzida é igual e as condições de manejo são as mesmas para uma determinada cultura.

O fator de uso e manejo (fator C) apresenta uma amplitude de zero (0) a um (1), para a menor e a maior exposição do solo, respectivamente. Alguns valores do fator C determinados para diferentes tipos de cobertura e condições de manejo em regiões brasileiras são os seguintes (Tabela B.1.5):

**Tabela B.1.5** - Valores do fator cobertura do solo (C) no Brasil.

Cobertura / Tratamento	Fator C	Local
Solo nu, estrada de terra	1	Brasil
Área urbanizada, construção, estufa, aviário, lago	0	Brasil
Mata	0,00013	Aracruz – ES
Capim sempre verde com enxada, gradagem ou plantio direto	0,0010	Caruaru-PE
Capim sempre verde com duas araões e gradagem	0,0020	Caruaru-PE
Eucalipto	0,0025	Aracruz – ES
Pastagem	0,0100	Campinas – SP
Cobertura morta	0,0133	Sumé – PB
Milho, plantios sucessivos com restos na superfície	0,0260	Capinas – SP
Milho após pasto com restos incorporados	0,0490	Capinas – SP
Cobertura morta (poda)	0,0750	Itirapina – SP
Laranja	0,0750	Bacia do rio Ivaí - PR
Milho + Feijão, com plantio direto	0,0950	Caruaru-PE
Culturas temporárias	0,1000	Capinas – SP
Culturas perenes	0,1350	Capinas – SP
Soja	0,2200	Bacia do rio Ivaí - PR
Milho com duas araões e gradagem	0,3500	Caruaru-PE
Café	0,3750	Bacia do rio Ivaí – PR
Algodão, Mandioca	0,5300	Bacia do rio Ivaí - PR

Fonte: Adaptado de Araujo, 2008.

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1999), na ausência de um fator C específico, pode-se adotar o valor de 0,5 para áreas com algum grau de cobertura do solo.

Neste estudo foi utilizado o valor C médio de 0,5.

**d) Fator P:** o fator práticas conservacionistas (P) é a relação entre a quantidade de solo perdida em uma área cultivada com determinadas práticas conservacionistas e a perda em uma área cultivada sem as práticas conservacionistas (plantio morro abaixo). Desta forma, o fator P pode ser expresso pela seguinte expressão:

$$P = PSp / PSm$$

Onde:  $PSp$  é a perda de solo ( $Mg\ ha^{-1}$ ) no talhão com prática conservacionista, e  $PSm$  é a perda de solo ( $Mg\ ha^{-1}$ ) no talhão sem prática conservacionista (plantio morro abaixo).

No Brasil, poucos são os estudos sobre o fator P (Araújo, 2008); embora, as práticas conservacionistas mais comuns para as culturas anuais sejam o plantio em nível, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternância de capinas (Bertoni & Lombardi Neto, 2008).

Os valores do fator prática conservacionista (P) usados na maioria das predições de perda de solo pela USLE são os seguintes (Tabela B.1.6):

**Tabela B.1.6** – Valores médios do fator prática conservacionista (P)

<b>Prática Conservacionista / Cultura</b>	<b>Fator P</b>
Culturas anuais, plantio morro abaixo	1,00
Culturas anuais, plantio em contorno	0,50
Culturas anuais, com terraços	0,50
Culturas anuais, plantio em contorno + alternância de capinas	0,40
Cordões de vegetação permanente com capim sempre verde	0,20
Muros de pedras	0,10
Cobertura morta	0,01

**Fonte:** Adaptado de Resende & Almeida (1985); Bertoni & Lombardi Neto (2008).

Neste trabalho foram utilizados valores médios para o fator 'P'. Para os sistemas de produção com preparo de terreno mecanizado, canteiramento em nível e alternância de capinas foi utilizado o valor de P igual a 0,40 (P=0,40); e, para exploração com preparo do terreno com covas, plantio em nível e roçadas foi usado o valor de P igual a 0,20 (P=0,20).

Os cálculos da perda de solos das unidades de produção estudadas encontram-se tabelados no Capítulo III, item Resultados e Discussão.



## ANEXO B.2 – QUANTIDADES DE NUTRIENTES EXPORTADOS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Neste anexo B.2 são apresentadas as quantidades de nutrientes exportados dos cinco sistemas de produção estudados, sendo:

- (vi) B.2.1 - As quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 1;
- (vii) B.2.2 - As quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 2;
- (viii) B.2.3 - As quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 3;
- (ix) B.2.4 - As quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 4; e,
- (x) B.2.5 - As quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção 5.

### ANEXO B.2.1 – QUANTIDADES DE NUTRIENTES EXPORTADOS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO 1

**Tabela B.2.1-** Quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção número 1

Produtos	Quantidade Produzida		Teores na Matéria Seca					Quantidade Exportada				
	PF <sup>(1)</sup>	PS <sup>(2)</sup>	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	kg.ano <sup>-1</sup>	kg. ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>					kg. ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>				
1 Abobrinha	650	28	43	15	45	7	4	1,19	0,41	1,26	0,19	0,12
2 Agrião	396	51	51	7	24	17	4	2,59	0,37	1,20	0,86	0,19
3 Aipo	235	30	31	5	48	14	2	0,94	0,16	1,45	0,42	0,07
4 Alface Americana	618	53	29	7	23	8	2	1,55	0,35	1,24	0,42	0,13
5 Alface Crespa	859	74	38	7	33	9	3	2,81	0,52	2,42	0,68	0,26
6 Alface Lisa	308	31	38	7	29	10	4	1,16	0,23	0,91	0,32	0,13
7 Alface Lolo	131	11	36	6	43	8	3	0,41	0,07	0,48	0,09	0,03
8 Alho Porró	111	14	30	4	29	8	2	0,44	0,06	0,41	0,12	0,03
9 Batata Inglesa	545	148	16	4	6	2	2	2,41	0,60	0,87	0,24	0,23
10 Berinjela (TACO)	41	4	31	3	33	1	2	0,11	0,01	0,12	0,01	0,01

Tabela B.2.1- Continuação.

Produtos	Quantidade Produzida		Teores na Matéria Seca					Quantidade Exportada				
	PF <sup>(1)</sup>	PS <sup>(2)</sup>	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	kg.ano <sup>-1</sup>	kg. ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>					kg. ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>				
11 Bertalha	209	27	36	5	18	8	5	0,97	0,14	0,50	0,23	0,15
12 Beterraba (Raízes)	809	139	25	5	16	2	2	3,50	0,64	2,28	0,23	0,33
13 Brócoli Ramoso	631	99	55	8	20	10	2	5,44	0,82	1,94	1,01	0,23
14 Brócolis Americano	619	71	50	8	15	15	2	3,55	0,58	1,03	1,05	0,15
15 Cebolinha	110	19	30	6	24	9	2	0,57	0,11	0,44	0,17	0,03
16 Cenoura (Raízes)	2.206	284	20	6	22	8	2	5,64	1,64	6,20	2,28	0,58
17 Chicória	97	10	33	5	38	9	3	0,32	0,05	0,37	0,09	0,03
18 Couve Manteiga	647	120	50	4	19	26	3	6,02	0,50	2,33	3,12	0,35
19 Couve-chinesa	390	33	37	9	25	14	2	1,22	0,29	0,83	0,48	0,07
20 Couve-Flor	535	69	37	5	22	8	1	2,52	0,37	1,48	0,55	0,09
21 Ervilha (AU)	80	15	36	4	14	3	2	0,53	0,05	0,21	0,05	0,03
22 Espinafre	631	63	43	7	42	15	8	2,68	0,42	2,64	0,97	0,52
23 Hortelã + Menta	108	23	43	6	32	14	4	1,00	0,13	0,74	0,33	0,10
24 Manjerição	37	6	41	5	19	5	19	0,26	0,03	0,12	0,03	0,12
25 Pepino (TACO)	184	8	45	4	48	3	3	0,35	0,03	0,38	0,02	0,02
26 Pimentão Verde	107	8	33	7	21	2	2	0,25	0,06	0,16	0,02	0,01
27 Quiabo	264	26	32	8	20	12	4	0,84	0,21	0,53	0,31	0,10
28 Rabanete	432	31	34	7	39	22	2	1,04	0,22	1,21	0,68	0,08
29 Radicchio	77	9	32	7	94	9	2	0,28	0,07	0,83	0,08	0,02
30 Repolho	442	51	26	3	21	6	1	1,33	0,17	1,04	0,31	0,07
31 Rúcula	308	53	46	6	41	19	6	2,45	0,32	2,18	0,99	0,31
32 Salsinha	109	23	38	5	39	10	3	0,88	0,12	0,91	0,24	0,08
33 Tomilho	28	9	35	4	27	7	3	0,32	0,04	0,24	0,06	0,03
34 Outros	69	10	36	6	30	10	3	0,36	0,06	0,29	0,10	0,03
Total	13.023	1.638	-	-	-	-	-	55,56	9,74	38,93	16,65	4,68

<sup>(1)</sup> PF = Peso Fresco. <sup>(2)</sup> PS = Peso Seco

## ANEXO B.2.2 – QUANTIDADES DE NUTRIENTES EXPORTADOS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO 2

**Tabela B.2.2-** Quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção número 2

Produtos	Quantidade Produzida		Teores na Matéria Seca					Quantidade Exportada				
	PF <sup>(1)</sup>	PS <sup>(2)</sup>	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	kg.ano <sup>-1</sup>	kg. ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>					kg. ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>				
1 Agrião	34,0	4,37	51	7	24	17	4	0,22	0,03	0,10	0,07	0,02
2 Alface Americana	1.090,0	140,14	29	7	23	8	2	4,10	0,92	3,28	1,12	0,35
3 Alface Crespa	610,0	52,29	38	7	33	9	3	2,00	0,37	1,72	0,48	0,18
4 Alface Lisa	722,9	72,29	38	7	29	10	4	2,72	0,53	2,12	0,74	0,30
5 Beterraba	320,0	54,86	25	5	16	2	2	1,38	0,25	0,90	0,09	0,13
6 Brócolis Americano	1.030,0	117,71	50	8	15	15	2	5,92	0,96	1,72	1,74	0,24
7 Brócolis Ramoso	1.495,0	234,93	55	8	20	10	2	12,90	1,94	4,61	2,40	0,54
8 Cebolina	0,2	0,03	30	6	24	9	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9 Cenoura	2.263,0	290,96	20	6	22	8	2	5,79	1,68	6,36	2,34	0,59
10 Chicória	33,3	3,33	33	5	38	9	3	0,11	0,02	0,13	0,03	0,01
11 Couve Chinesa	509,3	43,65	37	9	25	14	2	1,60	0,37	1,08	0,63	0,09
12 Couve-Flor	508,0	38,33	37	5	22	8	1	2,39	0,36	1,41	0,52	0,09
13 Hortelã	22,0	38,33	43	6	32	14	4	0,20	0,03	0,15	0,07	0,02
14 Nabo Redondo	859,0	98,17	29	6	15	4	2	2,84	0,56	1,47	0,41	0,18
15 Pepino	27,0	1,16	45	4	48	3	3	0,05	0,00	0,06	0,00	0,00
16 Pimentão	105,0	7,50	33	7	21	2	2	0,24	0,05	0,16	0,02	0,01
17 Rabanete	44,0	3,14	34	7	39	22	2	0,11	0,02	0,12	0,07	0,01
18 Repolho	691,8	79,06	26	3	21	6	1	2,08	0,27	1,62	0,48	0,11
19 Vagem Manteiga	56,0	5,60	4	6	14	5	3	0,21	0,04	0,08	0,03	0,02
Total	10.420,4	1.285,84	-	-	-	-	-	44,87	8,40	27,09	11,26	2,89

<sup>(1)</sup> PF = Peso Fresco. <sup>(2)</sup> PS = Peso Seco

### ANEXO B.2.3 – QUANTIDADES DE NUTRIENTES EXPORTADOS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO 3

**Tabela B.2.3-** Quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção número 3

Produtos	Quantidade Produzida		Teores na Matéria Seca					Quantidade Exportada					
	PF <sup>(1)</sup>	PS <sup>(2)</sup>	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	
	kg.ano <sup>-1</sup>	kg. ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>					kg. ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>					
1	Abobrinha Italiana	402,30	15,1	42,64	14,53	45,33	6,98	4,15	0,64	0,22	0,68	0,11	0,06
2	Agrião	2,09	0,2	50,85	7,24	23,60	16,96	3,78	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
3	Alface Americana	41,56	3,1	29,24	6,60	23,40	7,99	2,49	0,09	0,02	0,07	0,02	0,01
4	Alface Crespa	1.221,37	91,6	38,18	7,03	32,85	9,20	3,48	3,50	0,64	3,01	0,84	0,32
5	Alface Lisa	638,93	55,9	37,69	7,35	29,37	10,29	4,09	2,11	0,41	1,64	0,58	0,23
6	Batata Inglesa	999,05	237,3	16,30	4,05	5,86	1,59	1,57	3,87	0,96	1,39	0,38	0,37
7	Beterraba	1.047,40	157,1	25,24	4,60	16,43	1,68	2,36	3,97	0,72	2,58	0,26	0,37
8	Brócolis Americana	766,43	76,6	50,25	8,18	14,60	14,81	2,07	3,85	0,63	1,12	1,13	0,16
9	Brócolis Ramoso	2.424,24	333,3	54,92	8,24	19,62	10,23	2,31	18,31	2,75	6,54	3,41	0,77
10	Cebola	312,74	43,0	24,50	3,42	15,86	1,26	36,40	1,05	0,15	0,68	0,05	1,57
11	Cebolinha	299,97	45,0	30,10	5,73	23,56	8,86	1,65	1,35	0,26	1,06	0,40	0,07
12	Cenoura	4.154,18	467,3	19,89	5,77	21,86	8,04	2,03	9,30	2,70	10,22	3,76	0,95
13	Chicória Lisa	351,57	30,8	32,59	5,36	38,10	9,14	2,78	1,00	0,16	1,17	0,28	0,09
14	Couve Flor	3.039,95	342,0	36,61	5,45	21,53	8,04	1,38	12,52	1,86	7,36	2,75	0,47
15	Espinafre	21,03	1,8	42,50	6,61	41,84	15,36	8,23	0,08	0,01	0,08	0,03	0,02
16	Milho Verde (taco)	276,14	75,9	17,81	6,13	9,00	0,35	0,80	1,35	0,47	0,68	0,03	0,06
17	Rabanete	785,59	49,1	33,58	7,00	39,10	22,12	2,48	1,65	0,34	1,92	1,09	0,12
18	Repolho	1.864,00	186,4	26,31	3,37	20,50	6,08	1,35	4,90	0,63	3,82	1,13	0,25
19	Salsa	64,23	12,0	37,91	5,22	38,88	10,30	3,34	0,46	0,06	0,47	0,12	0,04
20	Taioba (taco)	11,00	1,5	42,96	4,91	26,85	13,06	3,52	0,06	0,01	0,04	0,02	0,01
21	Vagem Manteiga	449,20	39,3	36,92	3,59	26,67	5,26	2,31	1,45	0,14	1,05	0,21	0,09
Total		19.172,97	2.264,55	-	-	-	-	-	71,53	13,14	45,60	16,60	6,02

<sup>(1)</sup> PF = Peso Fresco. <sup>(2)</sup> PS = Peso Seco

## ANEXO B.2.4 – QUANTIDADES DE NUTRIENTES EXPORTADOS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO 4

**Tabela B.2.4-** Quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção número 4

Produtos	Quantidade Produzida		Teores na Matéria Seca					Quantidade Exportada				
	PF <sup>(1)</sup>	PS <sup>(2)</sup>	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	kg.ano <sup>-1</sup>	kg. ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>										
1 Chuchu	11.048	1.841	28,05	8,62	22,65	7,60	1,95	51,65	15,87	41,72	14,00	3,58
2 Quiabo	55	4	31,68	7,79	20,07	11,75	3,62	0,12	0,03	0,08	0,05	0,01
3 Tomate	97	5	31,82	8,18	21,40	4,14	2,10	0,15	0,04	0,10	0,02	0,01
4 Vagem	456	32	38,11	6,42	13,88	4,50	2,75	1,22	0,20	0,44	0,14	0,09
Total	11.655	1.850	-	-	-	-	-	53,14	16,14	42,34	14,21	3,69

<sup>(1)</sup> PF = Peso Fresco. <sup>(2)</sup> PS = Peso Seco

## ANEXO B.2.5 – QUANTIDADES DE NUTRIENTES EXPORTADOS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO 5

**Tabela B.2.5-** Quantidades de nutrientes exportados do sistema de produção número 5

Produtos	Quantidade Produzida		Teores na Matéria Seca					Quantidade Exportada				
	PF <sup>(1)</sup>	PS <sup>(2)</sup>	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	kg.ano <sup>-1</sup>	kg. ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>										
1 Chuchu	6.798	849,76	28,1	8,6	22,7	7,6	1,9	23,84	0,003	0,27	0,30	0,03
2 Quiabo	414	20,68	31,8	8,2	21,4	4,1	2,1	0,66	0,17	0,44	0,09	0,04
3 Tomate	262	7,85	42,6	14,5	45,3	7,0	4,2	0,33	0,11	0,36	0,05	0,03
4 Vagem	206	14,39	38,1	6,4	13,9	4,5	2,8	0,55	0,09	0,20	0,06	0,04
Total	7.679	892,67	-	-	-	-	-	25,38	0,38	1,27	0,51	0,14

<sup>(1)</sup> PF = Peso Fresco. <sup>(2)</sup> PS = Peso Seco

## ANEXO C

Neste apêndice, apresentam-se as memórias de cálculos dos fluxos emergéticos referenciados na coluna “NOTAS” das tabelas de análise emergética (Tabela 10, 11, 12, 13 e 14), inclusive as sobre as transformidades e fração renovável.

### Anexo C.1 Notas da Tabela 10 – Unidade de Produção 1

Em seguida, apresentam-se os cálculos dos fluxos emergéticos referenciados na coluna “NOTAS” da tabela 10 de análise emergética do sistema de produção 1. Inicialmente, para cálculo dos fluxos foram considerados os seguintes dados:

- (a) Superfície Agrícola Útil (SAU) = 0,70 hectares (média anual)
- (b) US\$ 1,00 = R\$ 1,71
- (c) Emdólar (Em\$) ou EMR (energia/dólar) = 5,02397E+12 seJ/US\$.

O valor da energia do dinheiro (EMR: *Emergy/money ration*) foi estimado a partir da seguinte equação:  
$$EMR = \{ [248,0 + 878,16 * \text{EXP}(-1 * ((\text{ano}-1981) / 9,49))] / 100 \} * 10^{12} \text{ seJ/US\$}$$

Considerando que o valor calculado (EMR = 2,99046E+12 seJ/J) deve ser corrigido pelo fator 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004); então, a transformidade do dinheiro em Emdólar para o Brasil, no ano de 2005 = Em\$ = EMR = 5,02397E+12 seJ/US\$.

Em seguimento, as memórias referentes às Notas do sistema de produção 1.

#### 1- CHUVA:

O valor da energia da chuva ( $E_{\text{da\_Chuva}}$  em J/ha.ano<sup>-1</sup>) foi calculado para uma precipitação média anual de 1500mm, através da seguinte equação:

- **Energia\_da\_Chuva (J/ha.ano<sup>-1</sup>) = chuva (mm)\*Energia livre de Gibbs (J/kg)\*10.000 (m<sup>2</sup>)**
- **$E_{\text{da\_Chuva}} = 1500 \text{ (mm)} * 5000 \text{ (J/kg)} * 10.000 \text{ (m}^2\text{)} = 7,50 \text{ E}+10 \text{ J ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$**
- **Transformidade = 3,06 E+4 seJ/J** (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável = 1** (Takahashi et al., 2008).

#### 2- ÁGUA DO CÓRREGO

A água do córrego é utilizada no sistema de irrigação por aspersão. Para cálculo do valor da energia da água de irrigação foi considerada a aplicação de uma lâmina de 2mm durante 150 dias por ano. A equação utilizada foi a seguinte:

- **Água\_irrigação = Quantidade de Água (m<sup>3</sup>/ha.ano<sup>-1</sup>)\* 1000(kg/m<sup>3</sup>)\*5000(J/kg)**
- **$A_{\text{Ir}} = 3000 \text{ (m}^3\text{/ha.ano}^{-1}\text{)} * 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} * 5000 \text{ (J/kg)} = 1,50\text{E}+10 \text{ J ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$**
- **Transformidade = 2,96E+5 seJ/J.**

A transformidade da água de irrigação foi inicialmente calculada em 1,76E+5 seJ/J (Odum, 2000) e utilizada por Cavalett (2004) e Agostinho (2005); entretanto, conforme Brown & Ulgiati (2004) este valor deve ser corrigido pelo fator 1,68 (  $Tr = 2,96\text{E}+5 \text{ seJ/J} = 1,76\text{E}+5 \text{ seJ/J} \times 1,68$ ).

**Fração renovável = 1** (Cavalett, 2004; Agostinho, 2005).

Não obstante o sistema de produção utilizar água de irrigação por gravidade, o que o diferencia dos outros sistemas que utilizam bombeamento da água para irrigação, a fração renovável foi considerada igual a 1 (FR=1), ou seja, a mesma utilizada por Cavalett (2004) para água de poço e por Agostinho (2005) para água de irrigação com bombeamento.

#### 3- EROSÃO

Em geral, considera-se que a erosão dos solos promove perdas de matéria orgânica que não são recuperadas no período de um ano. Agostinho (2005) estimou as perdas de solos em 20 t/ha.ano<sup>-1</sup> para cultivos anuais. Segundo Ortega *et al.*, (2001), as perdas de solos variam de 5-15 t/ha.ano<sup>-1</sup> para as áreas sob cultivo de hortaliças.

Neste trabalho, foi utilizada a equação universal de perdas do solo (USLE):  $A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$  (Bertoni & Lombardi Neto, 2008), cujos valores dos fatores e cálculo das perdas de solo são os seguintes:

– Perdas de solos estimadas para o sistema de produção (t. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

Unidade de Produção	Fatores da USLE					Erosão <sup>(1)</sup>
	R	K	LS	C	P	t.ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
1	11.000	0,019091	0,006774	0,5	0,40	0,284504

<sup>(1)</sup> Para outras informações, vide item erosão em resultados e discussão do Capítulo Balanço de Nutrientes.

Para cálculo da energia (J/ha.ano<sup>-1</sup>) referente às perdas de matéria orgânica provocada pela erosão do solo, determinada em 0,284504 t/ha.ano<sup>-1</sup>, e, também, considerando o percentual de matéria orgânica do solo de 0,0271 (MOS= 2,71%), foi utilizada a seguinte equação, de acordo com Agostinho (2005):

- **Erosão = Perdas (kg/ha.ano<sup>-1</sup>) \* MO (%) \* 5.400 (kcal/kg) \* 4186 (J/kcal).**
- Erosão = 284504 \* 0,0271 \* 5400 \* 4186 = 1,74E+8 J. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade = 1,24E+5 seJ/J (Brown & Ulgiati, 2004).**
- **Fração renovável = 0.**

Utilizou-se a FR = 0, considerando que o solo perdido não se recupera, naturalmente, no horizonte de tempo de um ano; embora, a erosão calculada esteja abaixo do limite de tolerância.

#### 4- COMPOSTO ORGÂNICO DE SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO

O composto orgânico (resíduos de matadouro de frango e “cama” de cavalos), utilizado pelo sistema de produção em comento, é comprado no município de São José do Vale do Rio Preto (SJVRP), distante 30 km. O transporte é realizado em caminhões com 7 metros cúbicos (7m<sup>3</sup>/caminhão). O preço do composto é R\$ 440,00/caminhão (R\$ 440,00/7m<sup>3</sup>) colocado no estabelecimento. O sistema de produção utilizou, durante o ano de 2008, a quantidade de 5,5 caminhões de composto (38,5 m<sup>3</sup>) aplicado numa área explorada de 0,7 hectares. Portanto, o valor emergético do composto é:

- **E\_composto = Quantidade (m<sup>3</sup>/ano) \* Preço (US\$/m<sup>3</sup>) / Área (ha) = US\$ 2.019,95 ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.**
- **Transformidade: 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).**
- **Fração renovável: FR= 0,6 (senso comum).**

Senso comum, a fração renovável de 0,60 justifica-se pelas seguintes características composto SJVRP: preparado a partir de resíduos de frangos criados de maneira convencional, uso de trator para revolvimento e carregadeira para expedição, transporte por caminhão. A fração renovável de 0,60 serve para diferenciar dos compostos elaborados na propriedade, para o qual o valor da fração renovável considerada deve ser igual a um (1).

#### 5- MUDAS

As mudas de olerícolas são compradas de viveiro especializado localizado a 15 km do estabelecimento. As compras perfazem o montante de US\$ 3.325,40 ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

- **Gastos com mudas: US\$ 3.325,40 ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.**
- **Transformidade: Em\$ = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).**
- **Fração renovável = 0,70 (senso comum).** Considerando que as mudas orgânicas são produzidas em viveiro especializado, próximo ao estabelecimento.

#### 6- DEPRECIAÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA

A infra-estrutura do estabelecimento é composta por: (i) Casa de moradia (alvenaria); (ii) Escritório (alvenaria); (iii) Composteira; (iv) Estufas (madeira); (v) Barragens (terra); e, (vi) Galpão de processamento (alvenaria). Para cálculo da depreciação da infra-estrutura foram utilizadas as seguintes equações:

– Depreciação da infra-estrutura

Item	Descrição	Fórmula para depreciação
1	Moradia	$D = 90 (M^2) * 400 (R\$/M^2) / 30anos$
2	Escritório	$D = 48 (M^2) * 300 (R\$/M^2) / 30anos$
3	Composteira	$D = 8 (M^2) * 100 (R\$/M^2) / 20anos$
4	Estufas	$D = 355 (M^2) * 40 (R\$/M^2) / 10anos$
5	Barragens	$D = R\$1.200,00 / 30anos$
6	Galpão de expedição	$D = 400 (M^2) * 300 (R\$/M^2) / 30anos$

- **Depreciação infra-estrutura** = US\$ 5.071,57 ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável** = 0,05 (Ortega et al., 2002)

## 7- DEPRECIÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

O estabelecimento conta com um micro-tractor (com enxada rotativa). O sistema de irrigação por aspersão é do tipo fixo (tubos, conexões e aspersores), a linha principal e as laterais são fixas; porém, os aspersores são móveis, sendo mudados de posição ao longo das linhas laterais fixas. A irrigação não utiliza bombeamento, é feita por gravidade. A depreciação das duas barragens que estocam a água para o sistema de irrigação foi considerada no item depreciação da infra-estrutura. Além disso, o estabelecimento conta com um veículo leve (chamado de Prancha) para o transporte interno da produção até o galpão de expedição. Os equipamentos utilizados para embalagem dos produtos são: balanças, máquina seladora e caixas plásticas.

Para cálculo da depreciação das máquinas e equipamentos foram utilizadas as seguintes equações:

– Depreciação de máquinas e equipamentos

Item	Descrição	Custo (R\$)	Fórmula
1	Micro-tractor	20.000,00	$D = R\$ / 20anos$
2	Irrigação	2.500,00	$D = R\$ / 10anos$
3	Veículo	1.500,00	$D = R\$ / 05anos$
4	Equipamentos de beneficiamento	1.980,00	$D = R\$ / 03anos$
Total		25.980,00	

- **Depreciação máquinas e equipamentos** = US\$ 1.547,51 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado)
- **Fração renovável** = 0,05 (Ortega et al., 2002)

## 8- COMBUSTÍVEL (Diesel)

O consumo anual de combustível (diesel) perfaz o montante de 771 litros por hectare por ano, utilizados no preparo dos canteiros com o micro-tractor. Para cálculo da energia utilizamos a seguinte equação:

- **Energia (J)** = 771 (L. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) \* 1,14 E+4 (kcal L<sup>-1</sup>) \* 4186 (J/kcal) = 3,68E+10 J ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 1,86E+5 (Ortega et al., 2001)  
Segundo Brown & Ulgiati (2004), a transformidade do diesel é 1,11E+5 seJ/J; porém, este valor multiplicando pelo fator de correção 1,68 temos o novo valor da transformidade de 1,86E+5 (1,11 \* 1,68), que está de acordo com Ortega et al.(2001).
- **Fração renovável**: 0,01 (Ortega et al., 2002).

## 9- PEÇAS, FERRAMENTAS E OUTROS MATERIAIS

Por meio de entrevistas com o produtor foram levantados os gastos com peças para as máquinas (micro-tractor e enxada rotativa; veículo para transporte interno), ferramentas (enxadas, enxadões, escavadeiras, foices, facas, facões, pás, carrinhos de mão), embalagens para expedição, entre outros materiais. E, os gastos com materiais para manutenção do sistema de irrigação foram considerados em 5% do custo de implantação da irrigação.

- **Total de gastos com peças, ferramentas e outros materiais** = US\$ 3.797,42 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>



- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável** = 0,05 (Ortega et al., 2002)

## 10- SEMENTES

O sistema de produção utiliza sementes certificadas compradas no mercado. O gasto total foi igual a US\$ 1.136,01 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

- **Sementes** (gastos) = US\$ 1.590,43 /ha.ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade:** 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável:** FR = 0,23 (Ortega et al., 2002)

Segundo Ortega et al. (2002), o índice de renovabilidade (R%) de sistemas convencionais de produção de grãos varia de 0,21 até 0,23 - portanto, o valor da fração renovável considerado é igual ao percentual de renovabilidade de sistemas convencionais de produção de grãos.

## 11- MÃO-DE-OBRA FAMILIAR

A mão-de-obra familiar é composta por três pessoas: os chefes da família (homem e mulher) com idades de entre 18 e 59 anos, mais um filho com idade entre 7 e 13 anos.

Para os adultos, foi considerada a força de trabalho igual a um (1); ou seja, cada adulto corresponde a uma (1) unidade de trabalho familiar (UTF) e o trabalho do filho é igual a 0,50 UTF. Cada unidade de trabalho (UTF) corresponde a 300 dias de trabalho por ano, com jornada média de 8 horas por dia, de acordo com Lima et al.(2001).

– Critérios para determinação das unidades de trabalho

Unidades de Trabalho (UT)	Idade das pessoas (anos)
0	< 7
0,50	7 a 13
0,65	14 a 17
1,00	18 a 59
0,75	> 60

Fonte: LIMA *et. al.*, 2001

Para o cálculo da energia da mão-de-obra foi utilizada a seguinte equação:

- $E \text{ (J/ha.ano}^{-1}\text{)} = 2,5 \text{ (UTF)} * 300 \text{ (dias/ano)} * 2500 \text{ (kcal/dia)} * 4186 \text{ (J/kcal)} / \text{Área (hectares)}$ .
- **Energia da mão-de-obra familiar** = 1,12E+10 J ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 1,85E+7 seJ/J.

A transformidade de 1,85E+7 seJ/J corresponde ao valor da transformidade de 1,1E+7 seJ/J (Odum, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).

- **Fração renovável** = FR = 0,90 (senso comum).

## 12- MÃO-DE-OBRA DE PARCEIROS

O sistema de produção conta com a mão-de-obra de duas pessoas adultas, que são os proprietários da terra, que dedicam o tempo equivalente a 50 dias por ano, na administração do empreendimento. E, ainda, o estabelecimento conta com mais uma pessoa (menor de 17 anos) secretariando a administração durante 150 dias por ano. Portanto, a mão-de-obra dos parceiros corresponde a 0,83 unidades de trabalho. Para o cálculo da energia da mão-de-obra foi utilizada a seguinte equação:

- $E \text{ (J/ha.ano}^{-1}\text{)} = 0,83 \text{ (UTF)} * 300 \text{ (dias/ano)} * 2500 \text{ (kcal/dia)} * 4186 \text{ (J/kcal)} / \text{Área (ha)}$
- **Energia da mão-de-obra parceira** = 3,74E+09 J.ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 1,85E+7 seJ/J.

A transformidade corresponde ao valor de 1,1E+7 seJ/J (Odum, 1996), multiplicado pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).

- **Fração renovável** = FR = 0,60 (Takahashi et al.; 2008).

### 13- MÃO-DE-OBRA PERMANENTE

O sistema de produção contrata dois trabalhadores permanentes ao longo do ano, que corresponde a duas unidades de trabalho; portanto, temos:

- $E \text{ (J/ha.ano}^{-1}\text{)} = 2 \text{ (UTF)} * 300 \text{ (dias/ano)} * 2500 \text{ (kcal/dia)} * 4186 \text{ (J/kcal)} / \text{Área (ha)}$
- **Energia da mão-de-obra permanente** =  $8,97\text{E}+09\text{E}+10 \text{ J. ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$
- **Transformidade** =  $1,85\text{E}+7 \text{ seJ/J}$ .  
A transformidade corresponde ao valor de  $1,1\text{E}+7 \text{ seJ/J}$  (Odum, 1996), multiplicado pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável** =  $FR = 0,60$  (Takahashi et al.; 2008).

### 14- ELETRICIDADE

A energia elétrica utilizada no sistema de produção é relativa ao consumo residencial de 111 kWh/ano (embora, não seja utilizada diretamente no sistema de produção); também, foi considerado o mesmo consumo para o escritório administrativo e o galpão de expedição. Para cálculo foi utilizada a seguinte equação:

- **Energia**  $(\text{J/ha.ano}^{-1}) = \text{Consumo total (kWh/ano)} * 1000 \text{ (w/kW)} * 3600 \text{ (s/h)} / \text{Área (ha)}$ .
- **Energia** =  $111 \text{ (kWh/ano)} * 3 * 1000 \text{ (w/kW)} * 3600 \text{ (s/h)} / 0,5 \text{ (ha)} = 2,06\text{E}+10 \text{ J. ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$
- **Transformidade**:  $5,64\text{E}+5$ .  
A transformidade corresponde ao valor de  $3,36\text{E}+5 \text{ seJ/J}$  (Odum, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável**:  $0,50$  (Takahashi et al.; 2008).

### 15- FRETES

Os serviços de frete são contratados para o transporte dos produtos do estabelecimento situado em Petrópolis até a cidade do Rio de Janeiro. Na verdade, primeiramente, os produtos são levados do estabelecimento até o núcleo urbano do Distrito de Posse (Petrópolis) e, em seguida, transferidos para outro veículo de transporte que os leva para o Rio de Janeiro; portanto, temos:

- Frete para Posse = R\$ 150,00 /mês
- Frete para Rio Janeiro = R\$ 700,00/mês
- **Fretes** =  $[\text{Posse (R\$/mês)} + \text{Rio (R\$/mês)}] * 12 \text{ (meses)} / \text{dólar (R\$/US\$)} / \text{Área (ha)}$
- **Fretes** =  $\text{US\$ } 8.513,83 \text{ ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$ .
- **Transformidade**:  $5,02\text{E}+12 \text{ seJ/US\$}$  (estimado).
- **Fração renovável**:  $0,01$  (Ortega et al.; 2002).

### 16- MECANIZAÇÃO (LIMPEZA DA ÁREA)

Para a implantação da horta foram contratados serviços de mecanização (trator) para destoca e limpeza da área (correspondente a 1 hectare) no valor total de R\$ 800,00. Portanto:

- **Mecanização** =  $\text{R\$ } 800,00 / 1,71 \text{ (R\$/US \$)} = \text{US\$ } 467,43 \text{ ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$ .
- **Transformidade**:  $5,02\text{E}+12 \text{ seJ/US\$}$  (estimado).
- **Fração renovável**:  $0,01$  (Ortega et al.; 2002).

### 17- ROÇADA E ENLEIAMENTO

Para a implantação da horta foram contratados serviços de mão-de-obra para roçada e enleiramento da biomassa, visando o preparo dos canteiros. A biomassa enleirada é utilizada para compostagem e cobertura morta. Esses serviços de limpeza foram executados em um hectare; portanto:

- **Roçadas e enleiramento** =  $\text{R\$ } 1.970 / 1,71 \text{ (R\$/US \$)} / 1 \text{ ha} = \text{US\$ } 1.151,04 \text{ ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ .
- **Transformidade**:  $5,02\text{E}+12 \text{ seJ/US\$}$  (estimado).
- **Fração renovável** =  $FR = 0,60$  (Takahashi et al.; 2008).

## 18- TELEFONIA

O sistema usa serviços de telefonia principalmente para fazer contato com os clientes. O gasto mensal é de R\$ 150,00. Considerou-se que este valor não se altera até uma área de 1 hectare de exploração; portanto:

- **Telefonia** = R\$ 150,00 \*12 / 1,71 (R\$/US \$) = US\$ 1.051,71 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade**: 5,02E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável** = FR = 0,50 (Takahashi et al.; 2008).

## 19- IMPOSTOS

Os impostos foram calculados em 30% do valor total de gastos com a mão-de-obra (R\$ 3.780,00), portanto, temos:

- **Impostos** = 3.780,00 (R\$) \* 0,30 / 1,71 (R\$/US\$) / Área = US\$ 3.155,13 ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade**: 5,02E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável** = FR = 0,05 (Takahashi et al.; 2008).

## 20- ENERGIA DISPONÍVEL PRODUZIDA

Considerando:

- A produção comercializada (P) = 18.604 kg ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>
- Caloria média considerada para as olerícolas = 255 kcal/kg

Então, para cálculo da energia disponível produzida (EDP) utilizou-se a seguinte equação:

- **Energia Produzida (J ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)** = Produção (kg ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) \* 255 kcal/kg \* 4186 J/kcal
- **EP** = 18.604 \* 255 \* 4186 = 19.858.771.676 J ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> = 1,99E+10 J ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>

## C.2 – Notas da Tabela 11 – Unidade de Produção 2

A seguir, mostram-se os cálculos dos fluxos emergéticos referenciados na coluna “NOTAS” da Tabela 11 de análise energética (sistema de produção 2). Inicialmente, foram considerados os seguintes dados: (a) Superfície Agrícola Útil (SAU) = 0,7 hectares; (b) US\$ 1,00 = R\$ 1,71; (c) Emdólar (Em\$) ou EMR (energia/dólar) =  $5,02397E+12$  seJ/US\$.

- 1- **CHUVA:** Idem nota 1 da tabela 7.
- 2- **ÁGUA DO CÓRREGO.** Idem nota 2 da tabela 7.
- 3- **EROSÃO**

A erosão foi calculada com a equação universal de perdas do solo (USLE):  $A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$  (Bertoni & Lombardi Neto, 2008); cujos valores dos fatores e cálculo das perdas de solo são os seguintes:

– Perdas de solos estimadas para o sistema de produção ( $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ )

Unidade de referência	Fatores da USLE					Erosão <sup>(1)</sup>
	R	K	LS	C	P	$t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$
2 GE	11.000	0,025521	0,007917	0,5	0,40	0,444530

<sup>(1)</sup> Vide item erosão em resultados e discussão do capítulo I.

Para cálculo da energia ( $J/ha \cdot ano^{-1}$ ) foi considerada erosão de  $0,444530 t/ha \cdot ano^{-1}$  e o percentual de matéria orgânica do solo de 0,0574 (MOS= 5,74%), através da seguinte equação, de acordo com Agostinho (2005):

- **Erosão = Perdas ( $kg/ha \cdot ano^{-1}$ ) \* MO (%) \* 5.400 (kcal/kg) \* 4186 (J/kcal).**
- **Erosão =  $444530 * 0,0574 * 5400 * 4186 = 5,77E+8 J \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$**
- **Transformidade =  $1,24E+5$  seJ/J (Brown & Ulgiati, 2004).**
- **Fração renovável = 0.**

### 4- COMPOSTO ORGÂNICO DE SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO

O composto orgânico é comprado no município de São José do Vale do Rio Preto (SJVRP) por R\$ 420,00/caminhão (R\$ 420,00/7m<sup>3</sup>) colocado no estabelecimento. O sistema de produção gasta 14 m<sup>3</sup> por ano (2 caminhões por ano) ou R\$ 840,00 por ano; então:

- **Composto = R\$ 840,00 / 1,71 / 0,7 = US \$ 701, 14  $ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ .**
- **Transformidade:  $5,02397E+12$  seJ/US\$ (estimado).**
- **Fração renovável: FR= 0,6 (senso comum).**

### 5- SEMENTES PRÓPRIAS

O sistema utiliza sementes próprias e compradas. As sementes próprias são produzidas pelo agricultor em seu estabelecimento ou em parceria com vizinhos, que também são agricultores orgânicos.

A quantidade de sementes próprias das diversas espécies de olerícolas utilizadas é igual a 500g por ano. Considerando a superfície agrícola útil (SAU) anual de 0,7 hectares, então temos:

- **Sementes ( $kg/ha \cdot ano^{-1}$ ) = 0, 500 (kg) / 0,7 ha =  $0,714 kg/ha \cdot ano^{-1}$ .**
- **Transformidade:  $1,68E+12 kg/ha \cdot ano^{-1}$ .**  
Segundo Odum (1996) *apud* Ortega et al. (2002), a transformidade das sementes é  $1,00E+12 kg/ha \cdot ano^{-1}$ ; porém, este valor foi corrigido pelo fator 1,68 conforme indicado por Brown & Ulgiati, 2004.
- **Fração renovável: FR = 0,42.**  
Segundo Ortega et al. (2002), o índice de renovabilidade (R%) de sistemas orgânicos e ecológicos de produção de grãos variam de 0,42 a 0,46.

### 6- MUDAS

O sistema de produção comprou mudas de viveiro especializado (localizado a 15 km do estabelecimento); então:

- **Gastos com mudas: US\$ 801,30 / $ha \cdot ano^{-1}$ .**
- **Transformidade: Em\$ =  $5,02397E+12$  seJ/US\$ (estimado).**
- **Fração renovável = 0,70 (Senso comum)**

## 7- COMBUSTÍVEL (Diesel)

O consumo anual de combustível (diesel) perfaz o montante de 228 litros, utilizados no preparo dos canteiros (72 litros para o micro-tractor) e no sistema de irrigação (156 litros no moto-bomba). Considerando a superfície agrícola útil de 0,7 hectares (área média anual) temos o consumo de 325,71 litros/ha.ano<sup>-1</sup> (325,71=228/0,7). Para cálculo da energia (Joules) foi utilizada a seguinte equação:

- **Energia (J) = X litros/ha.ano<sup>-1</sup> \* 1,14 E+4 kcal / litro \* 4186 J/cal**
- Energia (J) = 125,71 \* 1,14 E+4 \* 4186 = 1,55E+10 J/ha.ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade = 1,86E+5** (Ortega et al., 2001)
- **Fração renovável: 0,01** (Ortega et al.; 2002).

## 8- SEMENTES CERTIFICADAS

O sistema de produção utiliza sementes certificadas compradas no mercado, além das sementes próprias. As compras de sementes certificadas de diversas espécies de olerícolas totalizam 500g por ano; então, temos:

- **Sementes (kg/ha.ano<sup>-1</sup>) = 0,500 (kg) / 0,7 ha = 0,714 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.**
- **Transformidade: 1,68E+12 kg/ha.ano<sup>-1</sup>.**  
Segundo Odum (1996) *apud* Ortega et al. (2002), a transformidade para sementes certificadas é 1,00E+12 kg/ha.ano<sup>-1</sup>; porém, este valor foi corrigido pelo fator 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável: FR = 0,23**  
- Segundo Ortega et al. (2002), o índice de renovabilidade (R%) de sistemas convencionais de produção de grãos varia de 0,21 até 0,23.

## 9- DEPRECIÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

O estabelecimento conta com um micro-tractor (com enxada rotativa), que é de propriedade comum com outros dois agricultores da comunidade; portanto, para cálculo da depreciação considerou-se 1/3 do valor do maquinário (R\$ 20.000,00). Além disso, possui sistema de irrigação do tipo semi-portátil (linha principal é fixa e as linhas laterais são móveis) com conjunto motobomba, com motor diesel. Segundo Rassini et al. (2007), os sistemas de aspersão convencionais portáteis e semi-portáteis têm baixo custo de aquisição, por volta de R\$ 1.500,00 a R\$ 2.500,00 por hectare; e, apresentam custos de manutenção correspondente a 5% do preço de aquisição. O sistema de irrigação foi orçado em R\$ 1.500,00/hectare. Para cálculo das depreciações foram utilizadas as seguintes equações:

– Depreciação de máquinas e equipamentos

Item	Descrição	Custo (US\$)	Fórmula	US\$/ha.ano <sup>-1</sup>
1	Micro-tractor	11.685,66	D = US\$/20anos/3 donos /0,7ha	278,22
2	Irrigação	876,42	D = US\$/10anos	87,65
<b>Total</b>				<b>365,87</b>

- **Depreciação máquinas e equipamentos = US\$ 365,87 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.**
- **Transformidade = 5,02397E+12 seJ/US\$** (estimado)
- **Fração renovável = 0,05** (Ortega et al., 2002)

## 10- DEPRECIÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA

A infra-estrutura do estabelecimento é composta por: (i) Casa de moradia (alvenaria); (ii) Composteira (madeira e telha de amianto); (iii), abrigo para manuseio dos produtos (madeira e telha de amianto). Para cálculo da depreciação utilizamos as seguintes equações:

– Depreciação da infra-estrutura

Item	Descrição	Fórmula	US\$/ha.ano <sup>-1</sup>
1	Moradia	$D = 90M^2 * R\$ 400M^2 / US\$1,71 / 20anos / Área$	1.001,63
2	Composteira	$D = 6M^2 * R\$ 50M^2 / US\$1,71 / 20anos / Área$	16,69
3	Abrigo	$D = 36M^2 * R\$ 50M^2 / US\$1,71 / 20anos / Área$	33,39
Total			1.051,71

- **Depreciação infra-estrutura** = US\$ 1.051,71/ ha.ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável** = 0,05 (Ortega et al., 2002)

#### 11- PEÇAS, FERRAMENTAS E OUTROS MATERIAIS

Por meio de entrevistas, foram levantados os gastos com peças para a máquina (micro-tractor e enxada rotativa), ferramentas (enxadas, enxadões, escavadeiras, foices, facas, facões, pás, carrinhos de mão) e outros materiais, no valor total de R\$ 500,00. Além disso, foram considerados os gastos de manutenção do equipamento de irrigação (aspersores, tubos, peças para o conjunto moto-bomba) no valor de R\$ 75,00; então, temos:

- **Peças e ferramentas** = (R\$ 500,00 / 0,7 ha + R\$ 75) / 1,71 (R\$/US\$) = US\$ 479,95 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável** = 0,05 (Ortega et al., 2002)

#### 12- MÃO-DE-OBRA FAMILIAR

A mão-de-obra familiar é composta por três pessoas: os chefes da família (homem e mulher) com idades de entre 18 e 59 anos, e um filho com idade entre 14 e 17 anos. Para os adultos, foi considerada a força de trabalho igual a um (1), ou seja, cada adulto corresponde a uma (1) unidade de trabalho familiar (UTF) e para o filho é igual a 0,65 UTF. Cada unidade de trabalho (UTF) corresponde a 300 dias de trabalho por ano, com jornada média de 8 horas por dia, de acordo com Lima et al. (2001).

– Critérios para determinação das unidades de trabalho

Unidades de Trabalho (UT)	Idade das pessoas (anos)
0	< 7
0,50	7 a 13
0,65	14 a 17
1,00	18 a 59
0,75	> 60

Fonte: Lima et. al., 2001

Para o cálculo da energia da mão-de-obra foi utilizada a seguinte equação:

- $E (J/ha.ano^{-1}) = 2,65 (UTF) * 300 (dia/ano) * 2500 (kcal/dia) * 4186 (J/kcal) / Área (hectares)$ .
- **Energia da mão-de-obra familiar** = 1,19E+10 J ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 1,85E+7 seJ/J.  
A transformidade de 1,85E+7 seJ/J corresponde ao valor da transformidade de 1,1E+7 seJ/J (Odum, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável** = FR = 0,90 (Senso comum).

#### 13- MÃO-DE-OBRA (DIARISTA)

O sistema de produção contrata diarista para tarefas sazonais, durante 52 dias por ano. Para o cálculo da energia da mão-de-obra utilizou-se a seguinte equação:

- $E (J/ha.ano^{-1}) = 1UTF * 52 dias/ano * 2500 kcal/dia * 4186 J/kcal * 0,7 ha$ .
- **Energia da mão-de-obra (Diarista)** = 7,77 E+08 J/ha.ano<sup>-1</sup>

- **Transformidade** =  $1,85E+7$  seJ/J.  
A transformidade corresponde ao valor de  $1,1E+7$  seJ/J (Odum, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável** = FR = 0,60 (Takahashi et al.; 2008).

#### 14- ELETRICIDADE

A energia elétrica considerada é relativa ao consumo da residência; embora, não seja utilizado diretamente no sistema de produção. Para cálculo utilizou-se a seguinte equação:

- **Energia (J/ha.ano<sup>-1</sup>) = Consumo (kWh/ano) \* 1000 (w/kW) \* 3600 (s/h) / Área.**
- Energia (J/ha.ano<sup>-1</sup>) =  $111 \text{ kWh/ano} * 1000 \text{ w/kW} * 3600 \text{ s/h} / 0,7 \text{ ha}$ .
- Energia =  $6,85E+9$  J/ha.ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade:**  $5,64E+5$ .  
A transformidade corresponde ao valor de  $3,36E+5$  seJ/J (Odum, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável:** 0,50 (Takahashi et al.; 2008)

#### 15- ENERGIA DISPONÍVEL PRODUZIDA

Considerando:

- A produção anual comercializada (P) =  $14.881,21 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$
- Caloria média das olerícolas = 225 kcal/kg

Para cálculo da energia disponível produzida (EDP) utilizou-se a seguinte equação:

- **EDP (J/ha.ano<sup>-1</sup>) = Produção (kg/ha.ano<sup>-1</sup>) \* 225 kcal/kg \* 4186 J/kcal**
- EDP =  $14.881,21 * 225 * 4186 = 1,59E+10 \text{ J. ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

### C.3 – Notas da Tabela 12 – Unidade de Produção 3

A seguir, demonstram-se os cálculos dos fluxos emergéticos referenciados na coluna “NOTAS” da Tabela 12 de análise emergética referentes à unidade de produção número 3. Inicialmente, foram considerados os seguintes dados:

- (a) Superfície Agrícola Útil (SAU) = 0,8 hectares (média anual)
- (b) US\$ 1,00 = R\$ 1,71
- (c) Emdólar (Em\$) ou EMR (energia/dólar) = 5,02397E+12 seJ/US\$.

1- **CHUVA:** Idem nota 1 da tabela 7.

2- **ÁGUA DO CÓRREGO:** Idem nota 2 da tabela 7.

3- **EROSÃO**

A erosão foi calculada pela equação universal de perdas do solo (USLE):  $A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$  (Bertoni & Lombardi Neto, 2008); cujos valores dos fatores e cálculo das perdas de solo são os seguintes:

– Perdas de solos estimadas para o sistema de produção ( $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ )

Unidade de produção	Fatores da USLE					Erosão <sup>(1)</sup>
	R	K	LS	C	P	$t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$
3	11.000	0,023572	0,005449	0,5	0,40	0,282578

Para cálculo da energia ( $J/ha \cdot ano^{-1}$ ) foi considerada a erosão de  $0,282578 t/ha \cdot ano^{-1}$  e o percentual de matéria orgânica do solo de 0,0392 (MOS= 3,92%), sendo utiliza a seguinte equação, de acordo com Agostinho (2005):

- **Erosão = Perdas ( $kg/ha \cdot ano^{-1}$ ) \* MO (%) \* 5.400 (kcal/kg) \* 4186 (J/kcal).**
- **Erosão =  $282578 * 0,0392 * 5400 * 4186 = 2,50E+8 J \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$**
- **Transformidade =  $1,24E+5 seJ/J$  (Brown & Ulgiati, 2004).**
- **Fração renovável = 0.**

4- **COMPOSTO ORGÂNICO DE SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO**

O composto orgânico é comprado no município de São José do Vale do Rio Preto (SJVRP) cujo valor é R\$ 420,00/caminhão (R\$ 420,00/7m<sup>3</sup>) colocado no estabelecimento. O sistema gasta 21 m<sup>3</sup> por ano (3 caminhões por ano) ou R\$ 1.260,00 por ano; então:

- **Composto =  $R\$ 1.260,00 / 1,71 / 0,8 = US\$ 920,25 ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ .**
- **Transformidade:  $5,02397E+12 seJ/US\$$  (estimado).**
- **Fração renovável: FR = 0,6 (senso comum).**

5- **SEMENTES PRÓPRIAS**

A quantidade de sementes próprias utilizadas no sistema é igual a 200g por ano. Considerando a superfície agrícola útil (SAU) de 0,8 hectares, então temos:

- **Sementes ( $kg/ha \cdot ano^{-1}$ ) =  $0,200 (kg) / 0,8 ha = 0,250 kg ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ .**
- **Transformidade:  $1,68E+12 kg/ha \cdot ano^{-1}$ .**

Segundo Odum (1996) *apud* Ortega et al. (2002), a transformidade das sementes próprias é  $1,00E+12 kg/ha \cdot ano^{-1}$ ; porém, este valor foi corrigido pelo fator 1,68 - conforme Brown & Ulgiati, 2004.

- **Fração renovável: FR = 0,42.**

Segundo Ortega et al. (2002), o índice de renovabilidade (R%) de sistemas orgânicos e ecológicos de produção de grãos variam de 0,42 até 0,46. Portanto, foi utilizado como valor da fração renovável o percentual de renovabilidade de sistemas orgânicos de produção de grãos.

6- **MUDAS**

O sistema de produção utiliza mudas compradas de viveiro especializado, localizado a 15 km do estabelecimento; então:



- **Gastos com mudas:** US\$ 613,50 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade:** Em\$ = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável** = 0,70 (Senso comum)

#### 7- COMBUSTÍVEL (Diesel)

O consumo anual de combustível (diesel) perfaz o montante de 72 litros, que são utilizados no preparo dos canteiros com o micro-tractor. Considerando que a superfície agrícola útil é 0,8 hectares (área média anual) temos o consumo de diesel é 90 litros/ha.ano<sup>-1</sup> (90=72/0,8). Para cálculo da energia (Joules) foi utilizada a seguinte equação:

- **Energia (J) = X litros/ha.ano<sup>-1</sup> \* 1,14 E+4 kcal / litro \* 4186 J/cal**
- Energia (J) = 90 \* 1,14 E+4 \* 4186 = 4,29E+9 J/ha.ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade** = 1,86E+5 (Ortega et al., 2001)  
Segundo Brown & Ulgiati (2004), a transformidade do diesel é 1,11E+5 seJ/J. Este valor multiplicando pelo fator de correção 1,68 temos o novo valor da transformidade de 1,86E+5 (18,6=1,11 \*1,68), que está de acordo com Ortega et al.(2001).
- **Fração renovável:** 0,01 (Ortega et al.; 2002).

#### 8- SEMENTES CERTIFICADAS

O sistema de produção utiliza sementes certificadas compradas no mercado, além das sementes próprias. As compras de sementes certificadas totalizam de 1.950 g por ano; então, temos:

- **Sementes (kg/ha.ano<sup>-1</sup>)** = 1, 950 (kg) / 0,8 ha = 2,44 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade:** 1,68E+12 kg/ha.ano<sup>-1</sup>.  
Segundo Odum (1996) *apud* Ortega et al. (2002), a transformidade para sementes é 1,00E+12 kg/ha.ano<sup>-1</sup>; porém, este valor foi corrigido pelo fator 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável:** FR = 0,23 (senso comum).  
Segundo Ortega et al. (2002), o índice de renovabilidade (R%) de sistemas convencionais de produção de grãos varia de 0,21 até 0,23.

#### 9- DEPRECIAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

O estabelecimento conta com um micro-tractor (com enxada rotativa), que é de propriedade comum com outros dois produtores da comunidade; portanto, para cálculo da depreciação considerou-se 1/3 (um terço) do valor do maquinário (R\$ 20.000). Além disso, possui sistema de irrigação do tipo semi-portátil (linha principal é fixa e as linhas laterais são móveis) com conjunto de motobomba, com motor elétrico.

Segundo Rassini et al. (2007), os sistemas de aspersão convencionais portáteis e semi-portáteis têm baixo custo de aquisição, por volta de R\$ 1.500,00 a R\$ 2.500,00 por hectare, apresentam maiores custos de manutenção (5% do preço de aquisição) e de operação (mão-de-obra + energia), devido à constante movimentação das tubulações e dos aspersores e à maior potência do conjunto motobomba por hectare irrigado (3 a 8 cv/ha). O sistema de irrigação foi orçado em R\$ 1.500,00/hectare. Para cálculo das depreciações foram utilizadas as seguintes equações:

– Depreciação de máquinas e equipamentos

Item	Descrição	Custo (US\$)	Fórmula	US\$/ha.ano <sup>-1</sup>
1	Micro-tractor	11.685,66	D = US\$/20anos/3 donos /0,8ha	243,45
2	Irrigação	876,42	D = US\$/10anos	87,64
Total				331,09

- **Depreciação máquinas e equipamentos** = US\$ 331,09 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado)
- **Fração renovável** = 0,05 (ORTEGA *et al.*, 2002)

## 10- DEPRECIACÃO DA INFRA-ESTRUTURA

A infra-estrutura do estabelecimento é composta por: (i) Casa de moradia (alvenaria); (ii) Composteira (madeira e telha de amianto); (iii), abrigo para manuseio dos produtos (madeira e telha de amianto). Para cálculo da depreciação utilizamos as seguintes equações:

– Depreciação da infra-estrutura

Item	Descrição	Fórmula	US\$/ha.ano <sup>-1</sup>
1	Moradia	$D = 90M^2 * R\$ 400M^2 / US\$1,71 / 20anos / Área$	876,42
2	Composteira	$D = 6M^2 * R\$ 50M^2 / US\$1,71 / 20anos / Área$	14,61
3	Abriço	$D = 36M^2 * R\$ 50M^2 / US\$1,71 / 20anos / Área$	29,22
Total			920,25

- **Depreciação infra-estrutura** = US\$ 920,25 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável** = 0,05 (Ortega et al., 2002)

## 11- PEÇAS, FERRAMENTAS E OUTROS MATERIAIS

Por meio de entrevistas, foram levantados os gastos com peças para a máquina (micro-tractor e enxada rotativa), ferramentas (enxadas, enxadões, escavadeiras, foices, facas, facões, pás, carrinhos de mão) e outros materiais, no valor total de R\$ 500,00. Além disso, foram considerados os gastos de manutenção do equipamento de irrigação (aspersores, tubos, peças para o conjunto moto-bomba) no valor de R\$ 75,00 por hectare. Então, temos:

- **Peças e ferramentas** = R\$ (500,00 / 0,8 + R\$ 75) / 1,71 (R\$/US\$) = US\$ 409,00 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável** = 0,05 (Ortega et al., 2002)

## 12- MÃO-DE-OBRA FAMILIAR

A mão-de-obra familiar é representada por uma pessoa (homem); embora, família seja composta pela mulher e dois filhos, mas que não participam diretamente em nenhuma tarefa específica. Para o cálculo da energia da mão-de-obra foi utilizada a seguinte equação:

- **E (J/ha.ano<sup>-1</sup>)** = 1,00 (UTF) \* 300 (dia/ano) \* 2500 (kcal/dia) \* 4186 (J/kcal) / Área (hectares).
- **Energia da mão-de-obra familiar** = 3,92E+09 J ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 1,85E+7 seJ/J.  
A transformidade de 1,85E+7 seJ/J corresponde ao valor de 1,1E+7 seJ/J (Odum, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável** = FR = 0,90 (senso comum).

## 13- MÃO-DE-OBRA (PERMANENTE)

O sistema de produção contrata mão-de-obra permanente, da própria comunidade. Para o cálculo da energia da mão-de-obra utilizou-se a seguinte equação:

- **E (J/ha.ano<sup>-1</sup>)** = 1UTF\*300dia/ano \* 2500 kcal/dia\*4186 J/kcal \* 0,8 ha.
- **Energia da mão-de-obra (Permanente)** = 3,92 E+09 J/ha.ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 1,85E+7 seJ/J.  
A transformidade corresponde ao valor de 1,1E+7 seJ/J (Odum, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável** = FR = 0,60 (Takahashi et al.; 2008).

#### 14- ELETRICIDADE

A energia elétrica considerada é relativa ao consumo anual na irrigação (motores elétricos) mais o residencial. Para cálculo utilizou-se a seguinte equação:

- **Energia (J/ha.ano<sup>-1</sup>) = Consumo (irr + res) kWh/ano\*1000 w/kW\*3600 s/h / Área ha.**

- Energia (J/ha.ano<sup>-1</sup>) = (744 + 546) kWh/ano\*1000 w/kW\*3600 s/h / 0,8ha.

- Energia = 5,81 E+09 J/ha.ano<sup>-1</sup>

- **Transformidade:** 5,64E+5.

A transformidade corresponde ao valor de 3,36E+5 seJ/J (Odum, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).

- **Fração renovável:** 0,50 (Takahashi et al.; 2008)

#### 15- ENERGIA DISPONÍVEL PRODUZIDA

Considerando:

- A produção anual comercializada (P) = 23.966,21 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>

- Caloria média das olerícolas = 255 kcal/kg

Para cálculo da energia disponível produzida (EDP) utilizou-se a seguinte equação:

- **EDP (J/ha.ano<sup>-1</sup>) = Produção (kg/ha.ano<sup>-1</sup>)\*255 kcal/kg\* 4186 J/kcal**

- EDP = 23.966,21 \* 255\*4186 = 2,56E+10 J. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

#### C.4 – Notas da Tabela 13 – Unidade de Produção 4

A seguir, demonstram-se os cálculos dos fluxos emergéticos referenciados na coluna “NOTAS” da tabela 13 de análise emergética (sistema de produção número 4). Inicialmente, foram considerados os seguintes dados:

(a) Superfície Agrícola Útil (SAU) = 0,4 hectares, referente à média anual das áreas ocupadas principalmente pelos parreirais de chuchu, onde também são cultivadas algumas outras olerícolas (hortaliças-frutos) em rotação ou consórcio.

(b) US\$ 1,00 = R\$ 1,71

(c) Emdólar (Em\$) ou EMR (energia/dólar) = 5,02397E+12 seJ/US\$.

##### 1- CHUVA:

Considerou-se a precipitação média anual de 1400 mm, então:

- **EdaChuva (J.ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>)** = chuva (mm)\*Energia livre de Gibbs (J/kg)\*10.000 (m<sup>2</sup>)
- **EdaChuva** = 1400 (mm)\* 5000 (J/kg)\*10.000 (m<sup>2</sup>) = 7,00 E+10 J.ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 3,06 E+4 seJ/J (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável** = 1 (Takahashi et al., 2008).

##### 2- ÁGUA DO CÓRREGO

A água do córrego é utilizada no sistema de irrigação, por gravidade. Foi considerada a aplicação de 2mm durante 90 dias por ano (180 mm.ano<sup>-1</sup>), então:

- **A<sub>ir</sub> (J. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)** = Quantidade de Água (m<sup>3</sup>/ha.ano<sup>-1</sup>)\* 1000(kg/m<sup>3</sup>)\*5000(J/kg)
- **A<sub>irrigação</sub>** = 1800 (m<sup>3</sup>/ha.ano<sup>-1</sup>)\* 1000(kg/m<sup>3</sup>)\*5000(J/kg) = 9,00E+9 J.ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 2,96E+5 seJ/J.

A transformidade da água de irrigação de 1,76E+5 seJ/J (Odum, 2000) citada por Cavalett (2004) e Agostinho (2005), foi corrigida pelo fator 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).

- **Fração renovável** = 1

Utilizamos FR= 1,0 – embora o sistema de irrigação seja por gravidade, diferenciando dos sistemas de irrigação que utilizam bombeamento para a sua operação, a fração renovável igual a 1 (FR=1) também foi utilizada por Cavalett (2004) e Agostinho (2005) para água de poço e água de córrego utilizadas em sistemas de irrigação com bombeamento.

##### 3- EROSÃO

A erosão foi calculada pela equação universal de perdas do solo (USLE): A = R. K. L. S. C. P (Bertoni & Lombardi Neto, 2008); cujos valores dos fatores e cálculo das perdas de solo são os seguintes:

– Perdas de solos estimadas para o sistema de produção (t. ha<sup>-1</sup> ano-1)

Unidade de produção	Fatores da USLE					Erosão <sup>(1)</sup>
	R	K	LS	C	P	t.ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
4	11.000	0,017623	0,023443	0,5	0,20	0,454455

<sup>(1)</sup> Vide item erosão no Capítulo Balanço de Nutrientes

Para cálculo da energia (J/ha.ano<sup>-1</sup>) foi considerada a erosão de 0,44455 t/ha.ano<sup>-1</sup> e o percentual de matéria orgânica do solo de 0,0205 (MOS= 2,05%), sendo utilizada a seguinte equação, de acordo com Agostinho (2005):

- **Erosão** = Perdas (kg/ha.ano<sup>-1</sup>)\* MO (%) \* 5.400 (kcal/kg)\*4186 (J/kcal).
- **Erosão** = 444550 \*0,0205\* 5400 \* 4186 = 2,11E+8 J. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 1,24E+5 seJ/J (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável** = 0.

#### 4- COMPOSTO ORGÂNICO

O composto orgânico é produzido na propriedade, preparado principalmente a partir da “cama” da criação de frangos caipiras. O sistema de produção de olerícolas utiliza anualmente 5 kg de composto por cova (cada cova com 2 mudas), sendo 1.600 covas por hectare (espaçamento 2,5m x 2,5m); então, o total de composto utilizado é de 8.000 kg .ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Ortega et al. (2001) e Agostinho (2005) considerando o valor calórico do esterco de 5000 kcal/kg (valor calórico de carboidratos), calcularam a energia do composto por meio da seguinte equação:

- **Energia do Composto** = Quantidade de composto (kg/ha/ano) \* 5000 (kcal/kg) \* 4186 (J/kcal)
- **Energia do Composto** = 8.000 (kg/ha/ano) \* 5000 (kcal/kg) \* 4186 (J/kcal) = **1,674E+11 J/ha.ano<sup>-1</sup>**.
- **Transformidade:** 4,45E+4.

Segundo Agostinho (2005), em estudo de sistemas de produção de olerícolas no Brasil, estimou a transformidade do esterco é igual a 2,65 E+4 seJ/J; porém, multiplicando-se pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004), temos o valor da transformidade de 4,45E+4 (4,45=2,65\*1,68). Castellini et al. (2006), analisando sistemas de criação intensivo de aves na Europa, calcularam a transformidade do esterco de galinha em 2,96E+9 seJ/g. Portanto, preferimos utilizar os parâmetros definidos por Agostinho (2005).

- **Fração renovável:** FR= 0,8 (senso comum).

A fração renovável de 0,80 - justifica-se pelo fato do composto ser elaborado manualmente a partir de esterco/cama de frangos caipiras criados na propriedade. A fração renovável de 0,80 para o composto próprio visa a diferenciá-lo do composto comprado cuja fração renovável considerada neste trabalho foi igual a 0,60.

#### 5- MUDAS E SEMENTES PRÓPRIAS

O sistema de produção utiliza mudas próprias feitas com frutos-semente selecionados na propriedade, renovando os parreirais anualmente. Além disso, também utiliza sementes próprias de outras olerícolas (tomate, vagem), sendo desprezíveis os gastos com sementes oriundas de fora do sistema (compradas ou doadas).

Para renovação dos parreirais, utilizam-se 3200 frutos-sementes de chuchu (mudas) por hectare (2 plantas/cova; 1600 covas/ha) e o replantio é de aproximadamente 5%. O peso médio dos frutos-sementes é de 400g. E, o valor calórico do chuchu 170 kcal/kg. Portanto, para cálculo da energia das “mudas” próprias temos:

- **Energia mudas** (J/ha/ano) = Quant. (plantio+replantio) \* 0,4 (kg) \* 170 (kcal/kg) \* 4186 J/kcal
- Energia das mudas = 3360 \* 0,4 (kg) \* 170 (kcal/kg) \* 4186 = 956.417.280 J = 9,56E+08 J
- **Transformidade:** 1,75E+5.

Segundo Ortega (2000), em geral, a transformidade das matérias-primas alimentícias é igual a 1,04E+5 seJ/J; porém, multiplicando-se pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004), temos o valor da transformidade para mudas próprias de 1,75E+5 (1,75=1,04\*1,68).

- **Fração renovável** = 1 (senso comum). Considerando que as mudas são produzidas a partir da seleção de frutos-sementes dos parreirais da propriedade; eventualmente, utilizam-se materiais de vizinhos.

#### 6- DEPRECIAÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA

A infra-estrutura do estabelecimento é composta por: (i) Casa de moradia (alvenaria); (ii) Galpão de Criações (madeira); (iii) Capril (madeira); (iv) Galinheiro (madeira); e, (v) Reservatório (escavado no terreno). Para cálculo da depreciação utilizamos as seguintes equações:

– Depreciação da infra-estrutura

Item	Descrição	Fórmula para depreciação
1	Moradia	$D = 90 (M^2) * 400 (R\$/M^2) / 30 \text{ anos}$
2	Galpão para criações	$D = 80 (M^2) * 150 (R\$/M^2) / 20 \text{ anos}$
3	Capril	$D = 12 (M^2) * 50 (R\$/M^2) / 20 \text{ anos}$
4	Galinheiro (campo)	$D = 36 (M^2) * 50 (R\$/M^2) / 20 \text{ anos}$
5	Reservatório (irrigação)	$D = R\$ 400,00 / 20 \text{ anos}$
6	Sistema de Irrigação	$D = R\$ 1.500 / 10 \text{ anos}$
7	Outros (máquinas e equipamentos)	$D = R\$ 1.500 / 10 \text{ anos}$

- **Depreciação da infra-estrutura** = US\$ 1.245,69 / 0,3 ha = US\$ 3.947,80 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável** = 0,05 (Ortega et al., 2002)

## 7- DEPRECIAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DE LATADAS

Os parreirais de chuchu são tradicionalmente construídos em estruturas chamadas de latadas. Para construir as latadas colocam-se moirões grossos (esticadores) de 10 em 10 metros, moirões finos de 5 em 5 metros e estacas de 2,5 em 2,5 metros. No topo dos moirões grossos, finos e estacas fixam-se arames lisos e grossos (n. 12) formando uma malha e, ainda, sobre esta malha, fixam-se arames lisos e finos (n.14) de meio em meio metro. As quantidades de materiais necessários para a construção de 1 hectare de latada são os seguintes:

– Depreciação da construção de latada por hectare.

Item	Quantidade	Unidade	Total (R\$)	Anos	R\$/ano	%
1 Moirões grossos	121	Unidades	1.008,33	10	100,83	0,10
2 Moirões finos	320	Unidades	320,00	3	106,67	0,11
3 Estacas	1.240	Unidades	620,00	2	310,00	0,31
Subtotal			1.948,33		571,50	0,52
4 Arame grosso	2.100	m	798,00	20	97,42	0,04
5 Arame fino	25.900	m	8.547,00	20	427,35	0,43
6 Grampos	10	kg	68,00	10	6,80	0,01
Subtotal			9.413,00		474,05	0,48
Total			11.361,33		991,55	1

- **Depreciação da latada** = R\$ 991,00 / 1,71 (R\$/US\$) = US\$ 579,35 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.
- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado)
- **Fração renovável** = 0,40 (senso comum)

A fração renovável de 0,40 (senso comum) foi devido ao fato de alguns materiais, como os moirões (grossos e finos de eucaliptos) e estacas (eucaliptos ou bambu), serem renováveis e representarem aproximadamente 40% do custo total da construção da latada.

## 8- PEÇAS, FERRAMENTAS E OUTROS MATERIAIS

Por meio de entrevistas levantaram-se os gastos com ferramentas (enxadas, enxadões, escavadeiras, foices, facas, facões, pás, carrinhos de mão) e outros materiais. Para a irrigação foi considerado o gasto para manutenção do sistema de 5% do custo de implantação (aspersores, tubos, plástico para revestimento do reservatório).

- **Peças, ferramentas e outros materiais** = R\$ 200,00 / 1,71 (R\$/US\$) = US\$ 116,86 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável** = 0,05 (Ortega et al., 2002)

## 9- COMBUSTÍVEIS

O sistema apresenta o gasto anual de R\$ 50,00 correspondente à 66,66 litros de combustível fóssil (diesel) por hectare por ano; então:

- **Energia (J)** = X litros (ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) \* 1,14 E+4 (kcal / litro) \* 4186 (J/kcal) = 3,18 E+09 J.ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 1,86E+5 (Ortega et al., 2001).  
Segundo Brown & Ulgiati (2004), a transformidade do diesel é 1,11E+5 seJ/J; porém, multiplicando-se pelo fator de correção 1,68 temos o valor da transformidade de 1,86E+5 (18,6=1,11 \*1,68), o que está de acordo com ORTEGA et al.(2001).
- **Fração renovável**: 0,01 (Ortega et al., 2002).

## 10- MÃO-DE-OBRA FAMILIAR

A mão-de-obra familiar é composta por cinco pessoas: os dois chefes da família (homem e mulher, com idades de entre 18 e 59 anos), duas filhas (com idades entre 14 e 17 anos) e um filho (com idade entre 7 e 13 anos);

perfazendo 3,8 unidades de trabalho familiar, durante 300 dias por ano, com jornada média de 8 horas por dia, de acordo com a forma de cálculo da mão-de-obra informada por Lima et al. (2001); então:

- **E (J/ha.ano<sup>-1</sup>)** = 3,8 (UTF) \*300 (dia/ano) \* 2500 (kcal/dia) \*4186 (J/kcal) / Área (ha).
- **Energia da mão-de-obra familiar** = 3,98E+10 J/ha.ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 1,85E+7 seJ/J.

A transformidade de 1,1E+7 seJ/J (Odum, 1996) foi multiplicada pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).

- **Fração renovável** = FR = 0,90 (senso comum).

## 11- ELETRICIDADE

O consumo de energia elétrica é relativa ao uso residencial de 1.416 kw.ano<sup>-1</sup>; calculada da seguinte forma:

- **Energia (J/ha.ano<sup>-1</sup>)** = Consumo kWh/ano\*1000 w/kW\*3600 s/h \* Área ha.
- Energia (J/ha.ano<sup>-1</sup>) = 1416 kWh/ano\*1000 w/kW\*3600 s/h \* 0,3 ha.
- Energia = 1,70E+10 J. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade:** 5,64E+5.

A transformidade corresponde ao valor de 3,36E+5 seJ/J (Odum, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).

- **Fração renovável:** 0,50 (Takahashi et al.; 2008)

## 12- IMPOSTOS

Os gastos com impostos são principalmente referentes às contribuições dos dois adultos para os serviços públicos de seguridade social, perfazendo o total de R\$ 2.040,00 por ano, então:

- **Impostos (US\$.ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)** = R\$ 2.040,00 / 1,71 (R\$/US\$) / Área (ha) = US\$ 3.973,12 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>
- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado)
- **Fração renovável** = 0,05 (Takahashi et al.; 2008).

## 13- ENERGIA DISPONÍVEL PRODUZIDA

Considerando: (i) a produção média mensal de chuchu comercializada de 921 quilos em 0,30 hectares de exploração, correspondente à produção anual de 36.828 kg.ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>; (ii) energia do chuchu cru de 170 kcal.kg<sup>-1</sup>; então, a energia disponível anualmente produzida (EDP) é a seguinte:

- **EDP (J.ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)** = Produção (kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)\*170 kcal/kg\* 4186 J/kcal
- EDP = 2,62 E+10 J. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

### C.5 – Notas da Tabela 14 – Unidade de Produção 5

A seguir, demonstram-se os cálculos dos fluxos energéticos referenciados na coluna “NOTAS” da tabela 14 de análise energética (sistema de produção 5). Inicialmente, foram considerados os seguintes dados:

(a) Superfície Agrícola Útil (SAU) = 0,4 hectares, referentes às áreas ocupadas principalmente pelos parreirais de chuchu, onde também são cultivadas outras olerícolas em rotação ou consórcio.

(c) US\$ 1,00 = R\$ 1,71

(d) Emdólar (Em\$) ou EMR (energia/dólar) = 5,02397E+12 seJ/US\$.

1 **CHUVA:** Idem nota da Tabela 10.

2 **ÁGUA DO CÓRREGO:** Idem nota da Tabela 10.

3 **EROSÃO**

A erosão foi calculada pela equação universal de perdas do solo (USLE):  $A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$  (Bertoni & Lombardi Neto, 2008); cujos valores dos fatores e cálculo das perdas de solo são os seguintes:

– Perdas de solos estimadas para o sistema de produção ( $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ )

Unidade de referência	Fatores da USLE					Erosão <sup>(1)</sup>
	R	K	LS	C	P	$t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$
4 LU	11.000	0,017509	0,023443	0,5	0,20	0,451498

<sup>(1)</sup> Vide item erosão em resultados e discussão do capítulo I.

Para cálculo da energia ( $J/ha \cdot ano^{-1}$ ) foi considerada a erosão de  $0,451498 t/ha \cdot ano^{-1}$  e o percentual de matéria orgânica do solo de 0,0224 (MOS= 2,24%), sendo utilizada a seguinte equação, de acordo com Agostinho (2005):

- **Erosão** = Perdas ( $kg/ha \cdot ano^{-1}$ ) \* MO (%) \* 5.400 (kcal/kg) \* 4186 (J/kcal).
- Erosão =  $451,498 * 0,0224 * 5400 * 4186 = 2,29E+08 J \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$
- **Transformidade** =  $1,24E+5 seJ/J$  (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável** = 0.

4 **COMPOSTO ORGÂNICO**

- Idem nota Tabela 10; porém, ressalva-se que, neste caso, o composto não é feito na propriedade, sendo comprado no mercado de São José do Vale do Rio Preto. Portanto, a fração renovável de 0,60 foi considerada para os compostos comprados no mercado.

5 **MUDAS E SEMENTES PRÓPRIAS**

- Idem nota da Tabela 10.

6 **DEPRECIÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA**

A infra-estrutura do estabelecimento é composta por: (i) Casa de moradia (alvenaria); (ii) Galpão de Criações (madeira); (iii) Capril (madeira); (iv) Galinheiro (madeira); e, (v) Reservatório (escavado no terreno). Para cálculo da depreciação utilizamos as seguintes equações:

– Depreciação da infra-estrutura

Item	Descrição	Fórmula para depreciação
1	Moradia	$D = 90 (M^2) * 400 (R\$/M^2) / 30 \text{ anos}$
2	Galpão para criações	$D = 80 (M^2) * 150 (R\$/M^2) / 20 \text{ anos}$
3	Capril	$D = 12 (M^2) * 50 (R\$/M^2) / 20 \text{ anos}$
4	Galinheiro (campo)	$D = 36 (M^2) * 50 (R\$/M^2) / 20 \text{ anos}$
5	Reservatório (irrigação)	$D = R\$ 400,00 / 20 \text{ anos}$
6	Sistema de Irrigação	$D = R\$ 1.500 / 10 \text{ anos}$
7	Outros (máquinas e equipamentos)	$D = R\$ 1.500 / 10 \text{ anos}$

- **Depreciação da infra-estrutura** = US\$ 1.245,69 / 0,4 ha = US\$ 2.982,76  $ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ .
- **Transformidade** = 5,02397E+12 seJ/US\$ (estimado).
- **Fração renovável** = 0,05 (Ortega et al., 2002)



## 7 DEPRECIACÃO DA CONSTRUÇÃO DE LATADAS

- Idem nota Tabela 10.

## 8 PEÇAS, FERRAMENTAS E OUTROS MATERIAIS

- Idem nota Tabela 10.

## 9 COMBUSTÍVEIS

O sistema apresenta o gasto anual de 50 litros de combustível fóssil (diesel) por hectare por ano; então:

- **Energia (J)** = X litros ( $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) \* 1,14 E+4 (kcal / litro) \* 4186 (J/kcal) = 2,39E+09  $\text{J} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$
- **Transformidade** = 1,86E+5 (Ortega et al., 2001).  
Segundo Brown & Ulgiati (2004), a transformidade do diesel é 1,11E+5 seJ/J; porém, multiplicando-se pelo fator de correção 1,68 temos o valor da transformidade de 1,86E+5 ( $18,6=1,11 * 1,68$ ), o que está de acordo com ORTEGA *et al.*(2001).
- **Fração renovável**: 0,01 (Ortega et al., 2002).

## 10 MÃO-DE-OBRA FAMILIAR

A mão-de-obra familiar é composta por duas pessoas adultas (homem e mulher, com idades de entre 18 e 59 anos) e um filho (com idades entre 14 e 17 anos), perfazendo 2,65 unidades de trabalho familiar, durante 300 dias por ano, com jornada média de 8 horas por dia, de acordo com a forma de cálculo da mão-de-obra informada por Lima et al. (2001); então:

- **E ( $\text{J}/\text{ha} \cdot \text{ano}^{-1}$ )** = 2,65 (UTF) \* 300 (dia/ano) \* 2500 (kcal/dia) \* 4186 (J/kcal) / Área (ha).
- **Energia da mão-de-obra familiar** = 2,08E+10  $\text{J}/\text{ha} \cdot \text{ano}^{-1}$
- **Transformidade** = 1,85E+7 seJ/J.  
A transformidade de 1,1E+7 seJ/J (Odum, 1996) foi multiplicada pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável** = FR = 0,90 (senso comum).

## 11 ELETRICIDADE

O consumo de energia elétrica é relativa ao uso residencial de 1.416  $\text{kw} \cdot \text{ano}^{-1}$ ; calculada da seguinte forma:

- **Energia ( $\text{J}/\text{ha} \cdot \text{ano}^{-1}$ )** = Consumo  $\text{kWh}/\text{ano} * 1000 \text{ w}/\text{kW} * 3600 \text{ s}/\text{h} * \text{Área ha}$ .
- Energia ( $\text{J}/\text{ha} \cdot \text{ano}^{-1}$ ) = 1416  $\text{kWh}/\text{ano} * 1000 \text{ w}/\text{kW} * 3600 \text{ s}/\text{h} * 0,4 \text{ ha}$ .
- Energia = 1,27E+10  $\text{J} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$
- **Transformidade**: 5,64E+5.  
A transformidade corresponde ao valor de 3,36E+5 seJ/J (Odum, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (Brown & Ulgiati, 2004).
- **Fração renovável**: 0,50 (Takahashi et al.; 2008)

## 12 ENERGIA DISPONÍVEL PRODUZIDA

Considerando a produção anual de 10.238 quilos em 0,40 hectares de exploração, correspondente à produção anual de 25.596  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ; então, a energia disponível anualmente produzida (EDP) é a seguinte:

- **EDP ( $\text{J} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )** = Produção ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) \* 170 kcal/kg \* 4186 J/kcal
- EDP = 1,82 E+10  $\text{J} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ .

## C.6 - Referências Bibliográficas das Notas das Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14.

- AGOSTINHO, F. D. R. Uso de análise emergética e sistema de informações geográficas no estudo de pequenas propriedades agrícolas. Campinas: UNICAMP, 2005. 206p. (Dissertação).
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 6 ed. São Paulo: Icone, 2008. 355 p.
- BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy analysis and environmental accounting. Encyclopedia of Energy. v 2., 2004. 329-354 p.
- CASTELLINI, C.; BASTIANONI, S.; GRANAI, C.; BOSCO, A. D.; BRUNETTI, M. Sustainability of poultry production using the emergy approach, comparison of conventional and organic rearing systems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 114 (2006) 343-350.
- CAVALETT, O. Análise emergética da piscicultura integrada à criação de suínos de pesque-pagues. Campinas: UNICAMP, 2004. 140p. (Dissertação).
- LIMA, A. P.; BASSO, N. NEUMANN, P. S.; SANTOS, A. C. dos.; MÜLLER, A. G. Administração da unidade de produção familiar, modalidades de trabalho com agricultores. IJUÍ: UNIJUI, 2001. 221p.
- ODUM, H. T. Environmental accounting: emergy and environmental decision making. New York: John Wiley & Sons. 363 p. 1996
- 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, 2000. 30p.
- ORTEGA, E. Tabela de transformidades. Campinas: UNICAMP, 2000. ([unicamp.br/fea/ortega/index.htm](http://unicamp.br/fea/ortega/index.htm), 2008).
- ORTEGA, E; MILLER, M.; ANAMI, M. H.; COPA, E.; BESKOW, P. R.; MARGARIDO, L. A.; GUIMARÃES, A. K.. Manual de cálculo de emergia, módulo sobre sistemas agrícolas no Brasil. Campinas: UNICAMP, 2001. (Disponível em [unicamp.br/fea/ortega/manual/htm](http://unicamp.br/fea/ortega/manual/htm). Acesso em 2008).
- ORTEGA, E.; ANAMI, M. H.; DINIZ, G. Certification of food products using emergy analysis. In: Proceedings of 3<sup>rd</sup> International Workshop Advances in Energy Studies. Porto Venere (Italy), 2002. 227-237p.
- RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. de P.; Moreira, A.; TUPY, O.; BERNARDI, A. C. de C. Sistemas de produção, cultivo da alfafa, irrigação. Brasília: EMBRAPA, 2007. (versão eletrônica, acessado em 2008).
- TAKAHASHI, F.; ORTEGA, E.; PIRES, A. Dynamic web Page for evaluation of complex agricultural systems. In: Proceedings of 6<sup>th</sup> Biental International Workshop Advances in Energy Studies towards a Holistic Approach based on Science and Humanity. Rechbauerstrasse (Áustria), 2008. p. 425-433.