UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL

VALORAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

THIAGO JUNQUEIRA RONCON

Araras
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL

VALORAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

THIAGO JUNQUEIRA RONCON

ORIENTADOR: PROF. Dr. PAULO ROBERTO BESKOW
CO-ORIENTADOR: PROF. Dr. ENRIQUE ORTEGA RODRIGUEZ
CO-ORIENTADOR: PROF. Dr. LUIZ ANTONIO CORRÊIA MARGARIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL.

Araras
2011

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária da UFSCar

R769ve

Roncon, Thiago Junqueira.
Valoração ecológica de áreas de preservação permanente / Thiago Junqueira Roncon. -- São Carlos : UFSCar, 2011.
180 f.
Acompanha anexo em CD-ROM.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Agroecologia. 2. Avaliação emergética. 3. Bens e serviços ambientais. 4. Sucessão ecológica. 5. Código florestal - legislação - Brasil. 6. Políticas públicas. I. Título.

CDD: 630 (20ª)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE

THIAGO JUNQUEIRA RONCON

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, ***EM 15 DE JULHO DE 2011***.

BANCA EXAMINADORA:

PROF. DR. PAULO ROBERTO BESKOW
ORIENTADOR
PPGADR/UFSCar

PROF. DR. ENRIQUE ORTEGA RODRIGUEZ
Co-Orientador
ESALQ/USP

PROF. DR. MANOEL BALTASAR BAPTISTA DA COSTA
PPGADR/UFSCar
ESALQ/USP

DR. LANDISLAU ARAÚJO SKORUP
EMBRAPA MEIO AMBIENTE

DR. FENI DALANO ROOSEVELT AGOSTINHO
UNICAMP

Dedico esta dissertação aos meus Pais,

Alberto de Jesus Senteio Roncon e Gláucia Junqueira Roncon.

Agradeço à/ao/aos:

Mãe natureza, por permitir a concepção deste trabalho.

Meus Pais, Alberto e Gláucia, por sua presença de espírito, pelo exemplo de vida, por me motivar e apoiar esta trajetória.

Irmão Lucas, tio Ricardo, minha avó Guiomar (Tita) e avô Francisco (Chico – *In memorian*), pelo exemplo no campo, por estarem presentes e sempre dispostos a refletir sobre a conservação das áreas de preservação permanente.

Professores Orientadores, Paulo Roberto Beskow, Luiz Antonio Correia Margarido e Enrique Ortega Rodriguez, pela oportunidade de realizar esta pesquisa, pelos ensinamentos em classe e extraclasse, pelo exemplo profissional, pela liberdade de expressão, pela grande paciência que tiveram comigo neste período de desenvolvimento intelectual e pelos grandes momentos de descontração.

Secretários de Pós-graduação, Abner e Cláudia, por toda paciência, atenção e pelos ensinamentos durante os processos formais.

Coordenação do Curso, por toda atenção, orientação, prontidão nos processos formais e exemplo profissional.

Professores Rubismar Stolf, Marcelo Nivert Schlindwein, Rodolfo Antonio de Figueiredo, Fátima C. M. Pina-Rodrigues, Luiz Antonio Cabello Norder e Manoel Baltasar Baptista da Costa, pelos ensinamentos em classe e extraclasse e pelo exemplo profissional.

Professor José Geanini Peres e ao técnico Rúbens pelos ensinamentos, apoio nas análises físicas de solo e exemplo profissional.

Professor José Carlos Casagrande pelos ensinamentos, apoio nas análises químicas de solo e exemplo profissional.

Professor Márcio Roberto Soares pelos ensinamentos e apoio nos cálculos de conversão dos resultados das análises físico-químicas de solo e exemplo profissional.

Professora Silvana Perissatto Meneghin pelos ensinamentos e apoio nas análises microbiológicas do solo e pelo exemplo profissional,

Professores Vlamir José Rocha e Roberta Roberta Cornelio Ferreira Nocelli, pelas oportunidades, apoio e ensinamentos durante as atividades do Programa REUNI de auxílio docência.

Professor Anastácia Fontanetti pela oportunidade de ministrar uma aula/palestra durante sua disciplina de Agricultura e Energia.

Biólogo Julio Cesar de Moraes, por apoiar e estar sempre prontamente disposto a discutir e refletir sobre o tema e a metodologia desta pesquisa.

As companheiras de curso, Afra e Dayane, pelo grande apoio e ensinamento nas análises microbiológicas.

Professor José Maria Gusman Ferraz, pelos ensinamentos, pelas oportunidades e por toda paciência durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Agricultor Guaraci Dinis e família, gestor da RPPN Duas Cachoeiras, pela disponibilidade, liberdade e apoio, alimentação e moradia, nas atividades desenvolvidas em sua propriedade, agradeço também pelos ensinamentos e pelo exemplo profissional.

Senhor Aluísio Franco e família, proprietário da Fazenda das Palmeiras, pela disponibilidade, liberdade e apoio nas atividades desenvolvidas em sua propriedade.

A Prefeitura da UNICAMP e o Serviço de Segurança do Campus, por disponibilizar o chuveiro do vestiário do setor nas intensivas semanas de pesquisa.

Aos grandes amigos do LEIA, Teldes, Feni, Fábio, Sayoko, Selene, Lucas, Alexandre, Mariana, Marcos, Victor e Mileni, por todo apoio e ensinamentos durante esta pesquisa.

Grandes irmãos de morada da antiga República Talibã: Cláudio (chicão), Fernando (shina), Eduardo (sheik), Pedro (kauamura), Túlio (pinoti, betânea, chorão etc), João (duzindio), Fábio, Renata, Lisa e Cinara, e da atual Comuna

Internacional: Paulo (paulera), Danúbia (gerusa), Ignácio (gringo loco), Alejandro (alejo), Celso (mutadiua), Tatiane, Cícero (boy), Nádia, Susana, Gabriele, Paola, Cristiano, Ariane (vizinha) e Silvinho (vizinho), pelo apoio, forte convivência e por todas as discussões e reflexões em conjunto sobre o tema da dissertação, sentirei saudades.

Dona Madalena e família (vizinhos da república), por todo apoio e socorro nos dias difíceis.

Fortes amigos Indígenas, Terena, Ari, Valdenilson e Maribe, pelo exemplo de vida e reflexões sobre a importância da floresta.

Estudantes de graduação, 1ª e 2ª turma de biologia, pela participação nas atividades em classe e nas saídas de campo, foram grandes momentos.

Demais estudantes de Pós-graduação e Graduação, de forma geral, pela vivência que contribuiu para o meu amadurecimento pessoal.

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:

VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;

VII - preservar as florestas, a fauna e a flora;

VIII - fomentar a produção agropecuária e organizar o abastecimento alimentar;

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

§ 4º A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais;

Art. 184. Compete à União desapropriar por interesse social, para fins de reforma agrária, o imóvel rural que não esteja cumprindo sua função social, mediante prévia e justa indenização em títulos da dívida agrária, com cláusula de preservação do valor real, resgatáveis no prazo de até vinte anos, a partir do segundo ano de sua emissão, e cuja utilização será definida em lei.

Art. 186. A função social é cumprida quando a propriedade rural atende, simultaneamente, segundo critérios e graus de exigência estabelecidos em lei, aos seguintes requisitos:

I - aproveitamento racional e adequado;

II - utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente;

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Texto promulgado em 05 de outubro de 1988

SUMÁRIO

Página

ÍNDICE DE TABELAS i

ÍNDICE DE FIGURAS iv

RESUMO..... vii

ABSTRACT..... ix

1 INTRODUÇÃO 01

2 REVISÃO DA LITERATURA 03

2.1 O AGROECOSSISTEMA 03

2.2 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE 05

2.3 A SUCESSÃO ECOLÓGICA NA FLORESTA TROPICAL 06

2.3.1 BREVE HISTÓRICO 06

2.3.2 CONCEITOS 06

2.3.3 SUCESSÃO NATURAL SECUNDÁRIA 08

2.4 PREÂMBULO SOBRE A RESOLUÇÃO CONAMA N. 01/94 12

2.5 FUNÇÕES AMBIENTAIS E SERVIÇOS AMBIENTAIS 13

2.6 AVALIAÇÃO EMERGÉTICA 17

2.6.1 BREVE HISTÓRICO 17

2.6.2 CONCEITOS 17

2.6.3 APLICAÇÕES 22

3 MATERIAIS E MÉTODOS 24

3.1 ÁREA DE ESTUDO 24

3.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS .. 27

3.3 AVALIAÇÃO EMERGÉTICA 38

3.4 IDENTIFICAÇÃO DOS BENS, SERVIÇOS E DANOS AMBIENTAIS .. 42

3.5 DESCRIÇÃO DO ANEXO 1 42

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 43

4.1 DIAGRAMA SUCESSIONAL 43

4.2 DESCRIÇÃO GENÉRICA DOS DIAGRAMAS FUNCIONAIS 45
4.3 SISTEMA DE ESTUDO COM 0 ANO 47
4.4 SISTEMA DE ESTUDO COM 7 ANOS 52
4.5 SISTEMA DE ESTUDO COM 25 ANOS 55
4.6 SISTEMA DE ESTUDO COM 75 ANOS 58
4.7 SISTEMA DE ESTUDO COM 200 ANOS 61
4.8 ANÁLISE DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS 64
4.9 INTERPRETAÇÃO DOS BENS E SERVIÇOS AMBIENTAIS 70
4.10 VALOR DOS BENS, DOS SERVIÇOS E DOS DANOS AMBIENTAIS 71
5 CONCLUSÕES 81
6 SUGESTÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 83
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 85
ANEXO 1 95
ANEXO 2 179

ÍNDICE DE TABELAS

Página

TABELA 1. Mudanças que ocorrem na estrutura e no funcionamento do ecossistema no decorrer da sucessão secundária, após uma perturbação intensa (GLIESSMAN, 2009. p. 481) 11
TEBELA 2. Índices selecionados do banco de dados de emergia global, extraído em janeiro de 2006 20
TABELA 3. Descrição das áreas de estudo 24
TABELA. 4. Cabeçalho das tabelas de avaliação emergética com oito colunas 40
TABELA 5. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de entrada do sistema com 0 ano 49
TABELA 6. Tabela de Avaliação Emergética dos estoques do sistema com 0 ano 50
TABELA 7. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos internos do sistema com 0 ano 51
TABELA 8. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de saída do sistema com 0 ano 51
TABELA 9. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de entrada do sistema com 7 anos 53
TABELA 10. Tabela de Avaliação Emergética dos estoques do sistema com 7 anos 54
TABELA 11. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos internos do sistema com 7 anos 54
TABELA 12. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de saída do sistema com 7 anos 55
TABELA 13. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de entrada do sistema com 25 anos 56
TABELA 14. Tabela de Avaliação Emergética dos estoques do sistema com 25 anos 57
TABELA 15. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos internos do sistema com 25 anos 57

TABELA 16. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de saída do sistema com 25 anos 58
TABELA 17. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de entrada do sistema com 75 anos 59
TABELA 18. Tabela de Avaliação Emergética dos estoques do sistema com 75 anos 60
TABELA 19. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos internos do sistema com 75 anos 60
TABELA 20. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de saída do sistema com 75 anos 61
TABELA 21. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de entrada do sistema com 200 anos 62
TABELA 22. Tabela de Avaliação Emergética dos estoques do sistema com 200 anos 63
TABELA 23. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos internos do sistema com 200 anos 63
TABELA 24. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de saída do sistema com 200 anos 64
TABELA 25. Valor dos bens ambientais analisados e a descrição da sua função ecossistêmica 72
TABELA 26. Valor dos serviços internos e a descrição da sua função ecossistêmica 72
TABELA 27. Valor comparado da riqueza vegetal 73
TABELA 28. Valor da riqueza vegetal dos sistemas de estudo em função do trabalho realizada 73
TABELA 29. Valor da riqueza vegetal dos sistemas de estudo em função dos estoques formados 74
TABELA 30. Valor dos produtores (P) dos sistemas estudados 75
TABELA 31. Valor dos Consumidores Primários (C1) dos sistemas estudados 75
TABELA 32. Valor dos Consumidores Secundários (C2) dos sistemas estudados 75

TABELA 33. Valor dos Consumidores Terciários (C3) dos sistemas estudados 75
TABELA 34. Valor do Serviço Ambiental correlacionado com os fluxos de entrada dos sistemas de estudo 76
TABELA 35. Valor dos Serviços Ambientais correlacionados com os fluxos de saída dos sistemas de estudo 76
TABELA 36. Valor dos Serviços Ambientais correlacionados com os fluxos de entrada de nutrientes dos sistemas de estudo 76
TABELA 37. Valor dos danos e das conseqüências ecossistêmicas causadas pela intensa saída de fluxos do sistema 79

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

FIGURA 1. Ciclos silvigenéticos na floresta tropical 07
FIGURA 2. Agricultura de corte e queima em Sete Barras-SP 09
FIGURA 3. Desmatamento feito pelo homem branco 10
FIGURA 4. Clareira natural em Itapira-SP 10
FIGURA 5. Áreas de estudo do Sítio Duas Cachoeiras 25
FIGURA 6. Áreas de estudo da Fazenda das Palmeiras 26
FIGURA 7. Fragmento com 200 anos na Fazenda das Palmeiras 26
FIGURA 8. Área de estudo com 0 ano na Fazenda das Palmeiras 27
FIGURA 9. Área de estudo com sete anos no Sítio Duas Cachoeiras 29
FIGURA 10. Área de estudo com 25 anos no Sítio Duas Cachoeiras 30
FIGURA 11. Área de estudo com 75 anos no Sítio Duas Cachoeiras 30
FIGURA 12. Área de estudo com 200 anos na Fazenda das Palmeiras .. 31
FIGURA 13. Área de estudo com 0 ano na Fazenda das Palmeiras 31
FIGURA 14. Área de estudo com 0 ano na Fazenda das Palmeiras, nos detalhe a árvore na cabeceira da área e a sonda de coleta de solo 32
FIGURA 15. Coleta das amostras de solo para análise microbiológica, no detalhe a camada superficial do solo abaixo da serapilheira 33
FIGURA 16. Coleta das amostras de solo com a sonda, no detalhe a camada superficial do solo abaixo da serapilheira 34
FIGURA 17. Amostra coletada com a sonda, no detalhe o saquinho de identificação para acondicionar a amostra 34
Figura 18. Ilustração esquemática do processo de formação de solo em função do tempo de sucessão dos sistemas estudados, ilustração feita para este estudo para calcular a diferença entre os centros de gravidade..... 35
FIGURA 19. Coleta das amostras de solo com anel volumétrico 36
Figura 20. Ilustração, em escala, da altura média das copas das árvores dos sistemas estudados 37
Figura 21. Símbolos da Linguagem dos Sistemas empregadas neste

estudo, de acordo com Odum (1996) 39
FIGURA 22. Diagrama Sucessional que ilustra dinâmica das Áreas de Preservação Permanente (APP) durante o processo de sucessão natural secundária e, de forma genérica, os serviços ambientais de cada área 44
FIGURA 23. Diagrama Funcional que representa as estruturas, componentes, processos e interações no sistema com 0 ano 48
FIGURA 24. Diagrama Funcional que representa as estruturas, componentes, processos e interações no sistema com 7 anos 52
FIGURA 25. Diagrama Funcional que representa as estruturas, componentes, processos e interações no sistema com 25 anos 55
FIGURA 26. Diagrama Funcional que representa as estruturas, componentes, processos e interações no sistema com 75 anos 58
FIGURA 27. Diagrama Funcional que representa as estruturas, componentes, processos e interações no sistema com 200 anos 61
FIGURA 28. Variação da somatória das entradas nos sistemas ao longo do tempo de sucessão natural secundária 64
FIGURA 29. Variação da somatória dos estoques nos sistemas ao longo do tempo de sucessão natural secundária 65
FIGURA 30. Variação da somatória dos fluxos internos nos sistemas ao longo do tempo de sucessão natural secundária 66
FIGURA 31. Variação da produtividade vegetal do sistema ao longo do tempo de sucessão natural secundária 66
FIGURA 32. Variação da produtividade primária líquida e da deposição de serapilheira ao longo do tempo de sucessão natural secundária 67
FIGURA 33. Variação dos fluxos de água ao longo do tempo de sucessão natural secundária 68
FIGURA 34. Variação da erosão ao longo do tempo de sucessão natural secundária 68
FIGURA 35. Variação do estoque de hidrogênio e alumínio em função do tempo de sucessão 69
FIGURA 36. Correlação interpretativa entre as Estruturas Ecológicas e

os Serviços Ambientais 70
FIGURA 37. Correlação interpretativa entre os Serviços Ambientais os Fluxos analisados 71
FIGURA 38. Tendência de aumento das morfoespécies nas áreas de estudo, analisado pelo Modelo Boltzmann do programa Origin 6.0 74
FIGURA 39. Variação da somatória dos serviços ambientais, passíveis de comercialização, em função do tempo de sucessão natural secundária 77
FIGURA 40. Variação das porcentagens dos serviços ambientais, passíveis de comercialização, em função do tempo de sucessão natural secundária 78
FIGURA 41. Variação do balanço econômico entre os serviços prestados e os danos causados pelos sistemas estudados 79
FIGURA 42. Correlação, inversamente proporcional, entre o saldo e a erosão de solo dos sistemas 80

VALORAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Autor: THIAGO JUNQUEIRA RONCON
Orientador: Prof. Dr. PAULO ROBERTO BESKOW
Co-orientador: Prof. Dr. ENRIQUE ORTEGA RODRIGUEZ
Co-orientador: Prof. Dr. LUIZ ANTÔNIO CORRÊIA MARGARIDO

RESUMO

Esta dissertação aplica os conceitos da Avaliação Emergética e da Avaliação Funcional dos ecossistemas para estimar o valor econômico de Áreas de Preservação Permanente no Estado de São Paulo, Brasil. Foram identificados valores econômicos relativos aos bens, serviços e danos ambientais de cinco Áreas remanescentes da Serra da Mantiqueira, vegetação estacional semidecidual, em diferentes tempos de sucessão natural secundária: 0, 7, 25, 75 e 200 anos. Os Bens ambientais identificados e valorados são: (1) Estoque de carbono; (2) Decompositores; (3) Nutrientes e estrutura edáfica; (4) Estrutura edáfica e rizosfera; (5) Argila. O valor econômico em “Emdólares” (US$) da somatória dos bens ambientais totalizam 1.180,10 EmUS$/ha para o ano 0, 12.922,25 EmUS$/ha para o ano 7, 51.615,88 EmUS$/ha para o ano 25, 182.711,30 EmUS$/ha para o ano 75 e 651.520,04 EmUS$/ha para o ano 200. Os serviços ambientais identificados e valorados são: (1) Fixação de carbono e regulação da composição química da atmosfera; (2) Fornecimento de água e nutrientes para os riachos; (3) Recarga de aqüíferos; (4) Produção de água; (5) Regulação do clima; (6) Fornecimento de alimento para a fauna e flora silvestre dos ecossistemas vizinhos; (7) Polinização, controle biológico e aumento da fertilidade e produtividade do ecossistema. O valor econômico em “Emreais” (EmR$) da somatória dos serviços ambientais totalizam 2.181,91 EmR$/ha.ano para o ano 0, 4.162,49 EmR$/ha.ano para o ano 7, 4.587,60 EmR$/ha.ano para o ano 25, 4.993,35 EmR$/ha.ano para o ano 75 e 4.814,94 EmR$/ha.ano para o ano 200. Foram identificados e valorados os serviços de manutenção interna das áreas: (1) Proteção/formação de solo e controle da erosão; (2)

Ciclagem de nutrientes. Estes serviços internos somam 1.257,22 EmUS$/ha.ano para o ano 0, 2.073,00 EmUS$/ha.ano para o ano 7, 2.581,00 EmUS$/ha.ano para o ano 25, 2.984,00 EmUS$/ha.ano para o ano 75 e 4.478,00 EmUS$/ha.ano para o ano 200. Por fim, os danos ambientais identificados e valorados são: (1) Formação de processos erosivos; (2) Perda de estrutura edáfica e nutrientes. O valor econômico destes danos somam 31.832,28 EmR$/ha.ano para o sistema com ano 0 e 0,0 EmR$/ha.ano para os demais sistemas. Todos os valores obtidos mostram uma tendência ascendente em função do tempo de sucessão natural secundária. O proprietário se beneficia do aumento do valor econômico dos bens, dos serviços e da estabilidade ecológica do seu agroecossistema. A sociedade é a maior beneficiária dos Serviços Ambientais. Os valores econômicos obtidos neste trabalho destacam a importância de áreas preservadas com vegetação nativa, cujos valores econômicos devem ser levados em consideração nos processos de tomada de decisão e formulação de Políticas Públicas.

ECOLOGICAL VALUATION OF PERMANENT PRESERVATION AREAS

Author: THIAGO JUNQUEIRA RONCON
Adviser: Prof. Dr. PAULO ROBERTO BESKOW
Co-adviser: Prof. Dr. ENRIQUE ORTEGA RODRIGUEZ
Co-adviser: Prof. Dr. LUIZ ANTÔNIO CORRÊIA MARGARIDO

ABSTRACT

This dissertation uses Emergy Accounting tool, Ecosystem Functional Evaluation and System Ecology approaches to estimate the economic value of Permanent Preservation Areas in São Paulo State, Brazil. Economic values related to natural goods, environmental services and environmental damage were assessed for five case studies located on “Serra da Mantiqueira” region, which is characterized by semideciduous natural vegetation. This study considered different time period for natural secondary succession: 0, 7, 25, 75 and 200 years. The following natural goods were taking into account for economic valuation: (1) Carbon stock; (2) Decomposers; (3) Nutrients and edaphic structure; (4) Soils and rhizosphere structure; (5) Clay. The economic value in “Emdollars” (EmUS$) of environmental goods reached 1,180 EmUS$/ha for 0 years time period, 12,922 EmUS$/ha for 7 years, 51,615 EmUS$/ha for 25 years, 182,711 EmUS$/ha for 75 years and 651,520 EmUS$/ha for 200 years. The following environmental services were taking into account for economic valuation: (1) Carbon sequestration and atmosphere chemical composition regulation; (2) Supply of water and soluble minerals to the rivers; (3) Aquifers recharge; (4) Water infiltration; (5) Climate regulation; (6) Supplier of food for wild fauna and flora of surrounding ecosystems; (7) Bees pollination, biological control of diseases, increased soil fertility and vegetation productivity of natural ecosystem. The economic value in “EmReais” (EmR$) of environmental services on natural ecosystem reached 2,181 EmR$/ha.yr for 0 years time period, 4,162 EmR$/ha.yr for 7 years, 4,587 EmR$/ha.yr for 25 years, 4,993 EmR$/ha.yr for 75 years and 4,814 EmR$/ha.yr for 200 years. The

economic value of natural internal areas maintenance were also accounted for: (1) Protection and/or soil formation and soil erosion control; (2) Soil nutrient cycling. These internal services reached 1,257 EmUS$/ha.yr for 0 years, 2,073 EmUS$/ha.yr for 7 years, 2,581 EmUS$/ha.yr for 25 years, 2,984 EmUS$/ha.yr for 75 years and 4,478 EmUS$/ha.yr for 200 years. Finally, the environmental damage identified and evaluated were: (1) Soil erosion processes; (2) Loss of soil structure and edaphic nutrients. Their economic values were 31,832 EmR$/ha.yr for 0 years and 0.0 EmUS$/ha.yr for all other years. All values obtained showed an upward trend according to age of natural secondary succession. Moreover to estimate economic values for environmental services, natural goods and environmental damages, this work shows that the farm's owners whose have natural preserved areas are directly beneficed, as well as society. The indicators obtained in this work highlight the importance of preserved areas with natural vegetation whose economic values should be considered by decision makers for public policies elaboration.

.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho foi motivado pela crescente desvalorização das florestas e pelo desafio de se estimar o seu valor econômico. A decisão de permitir a conversão de áreas florestadas em áreas de cultivo, de habitação ou de atividade industrial, é guiada por um juízo de valor. Diante de um desmatamento de mais de 92% de Mata Atlântica, das crescentes pressões sobre os outros biomas e da proposta de alteração do Código Florestal tem-se evidências de que a dinâmica das atividades antrópicas são mais importantes, para o homem capitalista, do que a dinâmica das atividades naturais da floresta, a sucessão natural; mesmo sabendo que toda atividade antrópica depende deste recurso natural a médio e longo prazo.

No Brasil, existe uma carência de estudos sistêmicos que façam uma correlação de valor econômico com a sucessão natural de florestas. A proposta de valoração ecológica busca uma correlação entre a ecologia de ecossistemas e a macroeconomia. O esforço deste estudo se concentra no estudo de variáveis ecológicas, visto que a macroeconomia já apresenta, apesar das críticas, indicadores consolidados.

O principio da sucessão é um dos mais importantes da ecologia, descritos e discutidos por diferentes pesquisadores, como Colin R. Townsend, Michael Begon, John L. Harper, Robert E. Ricklefs e Henri Puig, com destaque para os irmãos Odum, Eugene e Howard, que descreveram este princípio de forma clara e sistêmica. A sucessão ecológica é um processo ordenado da

modificação da comunidade florestal que se vai substituindo em uma seqüência de comunidades numa dada área ao longo do tempo.

Diante deste conceito, foi definida a pergunta geradora deste estudo: *Todos os estágios sucessionais da floresta apresentam a mesma importância econômica e ecológica?* Por conseguinte foi definida a hipótese: *Em um dado espaço, os valores intrínsecos das florestas mudam em função do seu estágio sucessional.*

Este estudo objetivou fazer a valoração ecológica, com base nos fluxos e estoques de massa e energia renovável, de Áreas de Preservação Permanente de Mata Atlântica estacional semidecidual, nos diferentes estágios sucessionais.

As áreas selecionadas, devido à identificação dos diferentes estágios de sucessão natural secundária na mesma região, são remanescentes da Serra da Mantiqueira e estão localizadas no interior do Estado de São Paulo - Brasil.

Não foi encontrado na literatura um precedente sobre o conceito de *valoração ecológica*, neste estudo, este conceito se refere a uma abordagem transdisciplinar inovadora, organizada por um pensamento complexo na luz das ciências econômicas, exatas e naturais e do conhecimento tradicional. Esta abordagem permitiu o desenvolvimento, durante e para este estudo, do Software LEIA 0-200 VERSÃO 19-17-13-06 com o Modelo de Valoração Emergética dos Bens, Serviços e Danos Ambientais. O modelo estima o trabalho da natureza e permite a correlação das 55 variáveis ecológicas com o valor econômico do Produto Nacional Bruto (PNB), um indicador da macroeconomia.

No item seguinte, o leitor encontrará uma breve revisão bibliográfica, que foca os principais temas e conceitos aplicados neste estudo.

Na seqüência, apresenta-se a metodologia do estudo, complementada pelo Anexo 1, que contém o memorial de cálculos do software. Os resultados são apresentados de forma ordenada e objetiva, seguido da discussão e por fim, apresentam-se as principais conclusões e sugestões deste estudo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O AGROECOSSISTEMA

O agroecossistema é um local de produção agrícola ou um estabelecimento agrícola, ambos compreendidos como um ecossistema. O conceito de agroecossistema proporciona uma estrutura com a qual podemos analisar os sistemas de produção de alimentos como um todo, incluindo seus conjuntos complexos de insumos, produção e conexão entre as partes que os compõem (GLIEESMAN, 2009).

Para Conway (1987), os agroecossistemas são sistemas ecológicos modificados pelo ser humano para produzir alimentos, fibras e outros produtos agrícolas. Apresentam uma complexa estrutura dinâmica, mas sua complexidade surge, primeiramente, da interação entre os processos socioeconômicos e ecológicos.

Segundo D'agostini (1999), a definição de agroecossistemas pode ser considerada como uma modalidade de sistemas adaptativos e complexos, pois a partir de interações locais e não-locais os agroecossistemas manifestam propriedades emergentes e, diante desta perspectiva, propõe-se o reconhecimento de três dimensões: estrutural, funcional e conjuntural.

Marten (1988) descreve um agroecossistema como um complexo de ar, água, solo, plantas, animais, microorganismos e os outros componentes que estiverem na área modificada pelo ser humano com propósito de produção agrícola. Um agroecossistema pode ter um tamanho específico, pode ser um

campo ou numa fazenda ou uma paisagem agrícola de uma vila, região ou nação. Considera ainda necessário diferenciar o agroecossistema do sistema de tecnologia agrícola.

Para Holanda (2003), um agroecossistema é um sistema aberto, interagindo com a natureza e com a sociedade, através do desenvolvimento de um sistema alimentar sustentável, que trabalha a eficiência do processo de conversão de recursos naturais no alimento presente na mesa das pessoas. Em termos de sistemas, o agroecossistema se posiciona na interface entre os sistemas naturais e sociais, e que não somente agem como fonte de inputs (insumos), mas também como dreno de outputs (produção).

Segundo Altieri (1999), os agroecossistemas apresentam-se com configurações próprias em cada região, sendo um resultado das variações locais de clima, solo, das relações econômicas, da estrutura social e da história. Dessa maneira, um estudo acerca dos agroecossistemas de uma região está destinado à produção de agriculturas comerciais como de subsistência, utilizando níveis altos e baixos de tecnologia, dependendo da disponibilidade de terra, capital e mão-de-obra.

Para Odum (1988/1998) a diferença entre ecossistemas naturais e agroecossistemas se deve ao aporte de energias externas (trabalho, irrigação, combustível, maquinaria e agroquímicos), pela interferência humana direta na redução da biodiversidade e seleção artificial de plantas e animais convenientes ao processo antrópico produtivo. Assim, os agroecossistemas são projetados e gerenciados para se obter uma máxima conversão de energia, solar e outras, em produtos.

Os agroecossistemas incluem, de maneira explícita o homem, tanto como produtor como consumidor, tendo, pois, dimensões socioeconômicas, de saúde pública e ambiental (TOEWS, 1987).

Dentre os autores citados acima, Toews (1987) oferece a idéia de que o agroecossistema também possui *áreas que suportam vegetação natural e vida silvestre*.

Diante desta observação, é importante trazer luz ao conceito de agroecossistemas brasileiros que, segundo o Código Florestal brasileiro (CF)

de 1965, pode conter, além das áreas de cultivo, habitação e áreas de processamento de alimentos, Áreas de Reserva Legal (RL) e/ou Áreas de Preservação Permanente (APP), definidas pelo novo Código Florestal (BRASIL, 1965), alterado pela MP 2166-67/2001 (BRASIL, 2001), complementada pelas Resoluções CONAMA n. 302, 303 (CONAMA, 2002) e Resolução CONAMA n. 369 (CONAMA, 2006).

2.2 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

O Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 1965; alterado pela MP 2166-67, 2001) orienta o uso e a conservação das florestas. As Resoluções CONAMA n. 302, 303 (CONAMA, 2002) e Resolução CONAMA n. 369 (CONAMA, 2006) prescrevem os limites e usos destas áreas que recobrem as nascentes e margens dos rios e as florestas que ocupam locais íngremes e topos de morros, que juntas formam as APPs, objeto de estudo desta pesquisa. Estes locais foram definidos como de proteção especial, pois representam áreas frágeis ou estratégicas em termos de conservação ambiental, que não podem ser modificados para outros tipos de ocupação. A manutenção da vegetação natural nestes locais contribui para o controle dos processos erosivos e de assoreamento dos rios, para garantir a qualidade dos recursos d'água e mananciais e para manutenção da fauna local.

Barcelos et al. (1995) chamam atenção para o fato de que as APPs demandam atenção especial porque estão voltadas para a preservação da qualidade das águas, vegetação e fauna, bem como para a dissipação de energia erosiva. A legislação reconhece sua importância como agente regulador da vazão fluvial, conseqüentemente das cheias, preservadora das condições sanitárias para o desenvolvimento da vida humana nas cidades.

Com estes argumentos, pode-se afirmar que as APPs precisam ser mantidas com suas características originais, recuperadas e reconhecidas como indispensáveis para a sustentabilidade dos agroecossistemas e bacias hidrográficas, e por conseqüência, da vida humana saudável e seu desenvolvimento sustentável. Alguns agricultores, que outrora desmataram as

APPs, hoje reconhecem a importância da manutenção destas áreas que, em alguns casos se encontram em diferentes estágios de sucessão ecológica.

2.3 A SUCESSÃO ECOLÓGICA NA FLORESTA TROPICAL

2.3.1 BREVE HISTÓRICO

As primeiras descrições sobre sucessão ecológica foram feitas pelos europeus, especialmente o Sr. Eugenius Warming em 1895. Mas o botânico Frederic E. Clements foi o primeiro pesquisador a argüir sobre sucessão ecológica (ODUM, 1996).

Clements descreveu a paisagem como um ambiente dinâmico e, em conjunto com sua esposa Edith, botânica, fizeram muitos trabalhos de campo que investigaram a história, estrutura e composição da vegetação. Em sua monografia intitulada "*Plant Sucession: An Analysis of the Development of Vegetation"*, publicada em 1916, descreveu a comunidade biótica como um superorganismo com desenvolvimento parecido ao dos organismos individuais. Clements elaborou duas teorias, onde creditava que para uma mesma região havia apenas um estágio clímax para onde todas as vegetações estavam se desenvolvendo vagarosamente. Esta foi chamada de teoria do monoclímax, em contraste com a teoria do policlímax, onde há vários estágios finais possíveis (ODUM, 1996).

O eminente ecólogo Howard T. Odum (1957) foi um dos primeiros a descrever que o ecossistema apresenta pulsos sazonais, até atingir o clímax aproximadamente após 100 anos. Este conceito, aplicado a florestas tropicais, será descrito no tópico a seguir.

2.3.2 CONCEITOS

O principio da sucessão é um dos mais importantes da ecologia, descritos e discutidos por diferentes pesquisadores, como Colin R. Townsend, Michael Begon, John L. Harper, Robert E. Ricklefs e Henri Puig, mas os irmãos Odum, Eugene e Howard, foram os que descreveram este princípio de forma mais clara e sistêmica.

A sucessão ecológica é um processo ordenado da modificação da comunidade; é a seqüência de comunidades que se vão substituindo uma às outras numa dada área. De maneira geral, em um ecossistema, a evolução começa por comunidades iniciais, que são substituídas por uma série de comunidades de maior maturidade, até que se desenvolve uma comunidade relativamente estável que esteja em equilíbrio com as condições locais (ODUM, 1998).

A série completa das comunidades desenvolvidas numa determinada situação é chamada de *sere*; as comunidades relativamente transitórias designam-se por *fases serais* ou *comunidades serais*, sendo a comunidade final ou madura denominada de clímax. O sere de uma comunidade biológica é análogo à biologia do organismo, as fases serais sugerem fases ou estados da sua biologia e o clímax representa a comunidade adulta (ODUM, 1998).

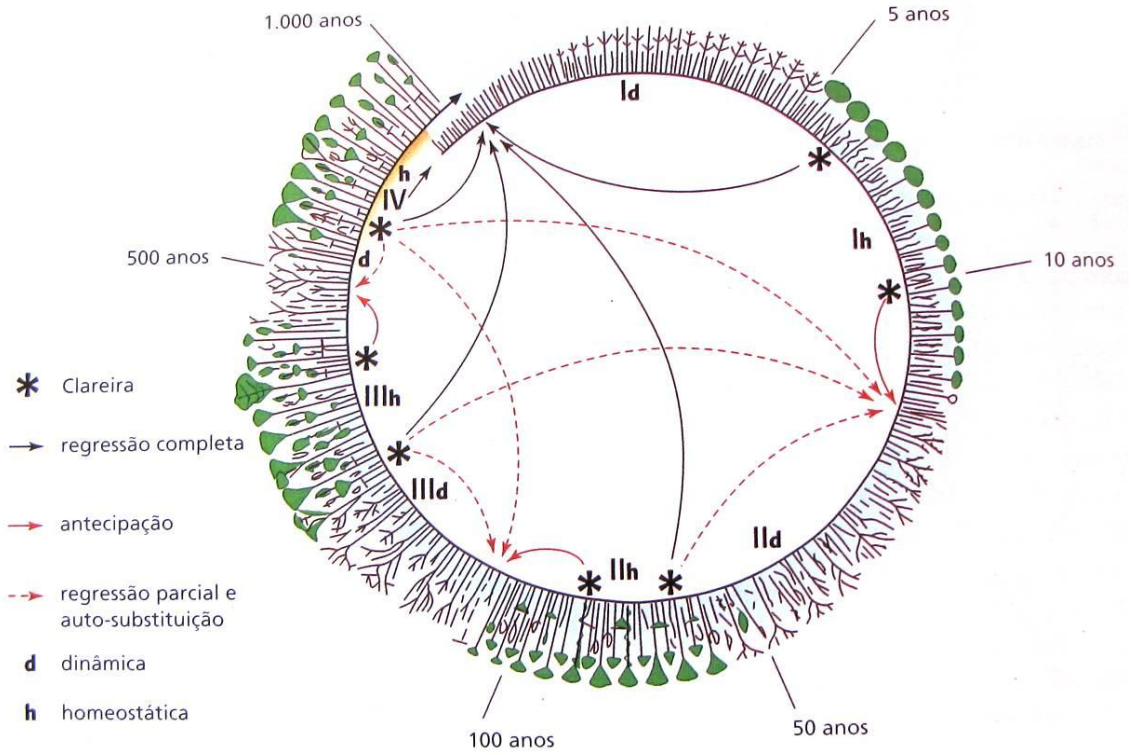

FIGURA 1. Ciclos silvigenéticos na floresta tropical (HALLÉ et al., 1978 citado por PUIG, 2008)

Na Figura 1, Hallé et al. (1978) citado por Puig (2008) propõe uma teoria da regeneração e da dinâmica florestal na região tropical que se aplica tanto à

floresta tropical quanto após o abandono de cultivos ou após os desmatamentos. A passagem de uma fase estável para uma fase dinâmica se faz pelo desaparecimento de árvores pertencentes ao conjunto florístico da fase homeostática, e pela germinação e desenvolvimento de novos indivíduos na fase dinâmica por ocasião de uma perturbação.

Odum (1998) ainda diz que é importante diferenciar dois conceitos relacionados à sucessão: a sucessão primária, a qual tem início numa área que ainda não foi ocupada anteriormente por uma comunidade (no caso de superfícies rochosas ou solos recém formados); e a sucessão secundária, que se dá pelo desenvolvimento da comunidade numa área da qual foi eliminada outra comunidade (no caso de um campo lavrado ou uma floresta derrubada).

Vale ressaltar a existência de mais dois conceitos que fazem referência à sucessão secundária; a sucessão natural secundária, objeto desta pesquisa, trada dos processos de regeneração dependentes do potencial edáfico, seminal e vegetativo da área (PUIG, 2008); e a sucessão natural secundária antrópica, a qual se desenvolve mediante a intervenção e o manejo do homem, descrita atualmente como um processo de restauração florestal na obra Restauração ecológica de ecossistemas naturais de Kageyama et al. (2008), um tema que não é objeto deste estudo mas instiga estudos futuros.

2.3.3 SUCESSÃO NATURAL SECUNDÁRIA

O que origina o processo ordenado no desenvolvimento das comunidades a que se dá o nome de sucessão ecológica? Esta pergunta foi feita por Eugene Odum em 1998, que a responde dizendo que não se pode dar uma resposta perfeita, por enquanto.

No geral, o processo de sucessão secundária é mais rápido do que o processo primário, porque alguns organismos já estão ali presentes (ODUM, 1998). A cobertura arborecente é reconstituída, no geral, em uma centena de anos (ODUM, 1998, RICKLEFS, 2001, PUIG, 2008 e BEGON et al., 2007).

A sucessão é governada pelos fatores físicos, químicos e biológicos, visto que os resultados finais variam em função deles, mas não são estes fatores que a origina (ODUM, 1998; RICKLEFS, 2001, PUIG, 2008 e BEGON et

al., 2007). Uma característica própria deste processo é de que a ação da comunidade sobre o habitat tende a torná-lo menos favorável a essa mesma comunidade; desta forma, favorece o desenvolvimento de outra comunidade (ODUM, 1998).

Pode-se dizer que o processo de sucessão natural secundária pode ter duas origens; com a interferência humana, a sucessão assume sentido quando se analisa a reconstituição das características de um povoamento arborecente após agricultura de corte e queima (Figura 2), atividade praticada em diversos países tropicais por populações tradicionais, ou desmatamento com esteiras e correntes (Figura 3), uma das principais causas do desmatamento atual (PUIG, 2008). Sem a interferência humana, este sentido é identificado pela queda de uma árvore (velha ou doente) que provoca uma abertura no docel, denominada clareira (Figura 4, clareira), assim desempenhando um importante papel na regeneração que sucede a uma perturbação natural no biótopo (PUIG, 2008).

FIGURA 2. Agricultura de corte e queima em Sete Barras-SP (Foto: Thiago J. Roncon).

FIGURA 3. Desmatamento (Fonte: www.globoamazonia.com).

FIGURA 4. Clareira natural em Itapira-SP (Foto: Thiago J. Roncon).

A Tabela 1 (Gliessman, 2009) contém as mudanças que ocorrem na estrutura e no funcionamento do ecossistema no decorrer da sucessão

secundária após uma perturbação intensa, como por exemplo, o desmatamento.

TABELA 1. Mudanças que ocorrem na estrutura e no funcionamento do ecossistema no decorrer da sucessão secundária, após uma perturbação intensa (GLIESSMAN, 2009. p. 481)

Mudança durante o processo de sucessão*			
Característica do ecossistema	**Estágios iniciais**	**Estágios intermediários**	**Estágios maduros**
Composição das espécies	Rápida subtituição das espécies	Substituição lenta das espécies	Pequenas mudanças
Diversidade das espécies	Baixa, com rápido aumento	Média, com rápido aumento	Alta, com possibilidade de leve declínio
Biomassa total	Baixa, com rápido aumento	Média, com aumento moderado	Alta, com lenta taxa de aumento
Massa de matéria orgânica não viva	Baixa, com rápido aumento	Média, com aumento moderado	Alta, com lenta taxa de aumento
Produtividade primária bruta	Aumenta rapidamente	Diminui levemente	
Produtividade primária líquida	Aumenta rapidamente	Diminui levemente	
Respiração do sistema	Aumenta		Aumenta levemente
Cadeias e teias alimentares	Torna-se cada vez mais complexa		Permanece complexa
Interação entre as espécies	Torna-se cada vez mais complexa		Permanece complexa
Eficiência do uso geral de nutrientes e energia	Aumenta		Permanece eficiente
Ciclagem de nutrientes	Fluxo através do sistema, ciclos abertos	→	Ciclagem interna, ciclos fechados
Retenção dos nutrientes	baixa retenção, tempo curto para reposição	→	Alta retenção, tempo longo para reposição
Forma de crescimento	Espécies de estratégia r, de crescimento rápido	→	Espécies de estratégia k, de vida longa
Amplitude do nicho	Generalistas	→	Especialistas
Ciclos de vida	Anuais	→	Perenes
Interferência	Principalmente coletiva	→	Mais mutualística

*Embora algumas mudanças sejam apresentadas na forma de degraus, todas ocorrem como transições graduais.

2.4 PREÂMBULO SOBRE A RESOLUÇÃO CONAMA N. 01/94

As características do estágio inicial de regeneração são as seguintes: a fisionomia que varia de savânica a florestal baixa, podendo ocorrer estrato herbáceo e pequenas árvores; os estratos lenhosos variando de abertos a fechados com alturas variáveis; a alturas das plantas lenhosas geralmente situadas entre 1,5 m e 8,0 m e com o diâmetro médio dos troncos à altura do peito (DAP = 1,30 m do solo) e de até 10 cm, apresentando pequeno produto lenhoso; as epífitas, quando presentes, são pouco abundantes, representadas por musgos e liquens; trepadeiras, se presentes, podem ser herbáceas ou lenhosas; a serrapilheira, quando presente, pode ser continua ou não, formando uma camada fina pouco decomposta; no sub-bosque podem ocorrer plantas jovens de espécies arbóreas dos estágios mais maduros; a diversidade biológica é baixa, podendo ocorrer ao redor de dez espécies arbóreas ou arbustivas dominantes (CONAMA 01, 1994).

Em estágio médio de regeneração a fisionomia florestal, apresenta as seguintes características: árvores de vários tamanhos com presença de camadas de diferentes alturas, sendo que cada camada apresenta-se com cobertura variando de aberta a fechada, podendo a superfície da camada superior ser uniforme com o aparecimento de árvores emergentes e dependendo da localização da vegetação a altura das árvores pode variar de 4 a 12m e o DAP médio pode atingir até 20 cm; as epífitas aparecendo em maior número de indivíduos e espécies (liquens, musgos, hepáticas, orquídeas, bromélias, cactáceas, piperáceas, etc); as trepadeiras, quando presentes, são geralmente lenhosas e a serrapilheira pode apresentar variações de espessura de acordo com a estação do ano e de um lugar a outro; a diversidade biológica é significativa, podendo haver em alguns casos a dominância de poucas espécies, geralmente de rápido crescimento (CONAMA 01, 1994).

Já no estágio avançado de regeneração a fisionomia florestal fechada, as características são as seguintes: tende a ocorrer distribuição contigua de copas, podendo o dossel apresentar ou não árvores emergentes; grande número de estratos, com árvores, arbustos, ervas terrícolas, trepadeiras, epífitas, etc., cuja abundância e número de espécies variam em função do

clima e local; as alturas máximas ultrapassando 10 m, sendo que o DAP médio dos troncos é sempre superior a 20 cm; as epífitas estão presentes em grande número de espécies e com grande abundância; trepadeiras são geralmente lenhosas, sendo mais abundantes e mais ricas em espécies na Floresta Estacional; a serrapilheira está presente, variando em função do tempo e da localização, apresentando intensa decomposição; a diversidade biológica é muito grande devido à complexidade estrutural e ao número de espécies (CONAMA 01, 1994).

2.5 FUNÇÕES AMBIENTAIS E SERVIÇOS AMBIENTAIS

As florestas tropicais – e, por extensão, a mata atlântica – têm como principais benefícios, de acordo com diferentes pesquisas, a proteção do solo contra a erosão e o controle dos ciclos hídricos, impedindo ou reduzindo os efeitos de enchentes, assoreamento e sedimentação (TONHASCA JR., 2004).

O Código Florestal de 1965 (BRASIL, 1965) reconhece a importância das APPs, no cumprimento das seguintes Funções Ambientais: de preservação dos recursos hídricos, da paisagem e da estabilidade geológica; de manutenção da biodiversidade, do fluxo gênico da fauna e da flora; e de proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas. Já Costanza et al. (1997) e a Millennium Ecosystem Assessment (2003; 2005) fazem abordagens com o termo Serviços Ecossistêmicos, interpretação que se tornou mais usual nas diferentes instâncias internacionais.

De Groot (1992) propõe a Avaliação Funcional do Ecossistema, que possibilita identificar as características ambientais como Funções Ambientais de Regulação, Produção, Suporte e Informação. As Funções Ambientais representam a capacidade dos processos e componentes naturais do ecossistema em fornecer bens e serviços que satisfaçam, direta ou indiretamente, às necessidades humanas. Nesta pesquisa, estas Funções foram interpretadas a partir dos fluxos de massa e energia dos processos que formam as estruturas da Floresta Tropical.

As funções de regulação estão relacionadas com a capacidade dos ecossistemas naturais ou semi-natural em regular os processos ecológicos

essenciais ao suporte da vida, contribuindo para a manutenção da saúde ambiental, entre outros, pelo fornecimento de ar, água e solo, não poluídos. A função de suporte se dá pelo fornecimento de espaço e substrato adequados para muitas atividades humanas, tais como habitação, cultivo, recreação e conservação.

Já a função de produção, está relacionada à capacidade do ambiente em fornecer recursos, desde alimentos e matéria prima para o uso industrial, até recursos energéticos e material genético. As funções de informação se devem à capacidade do ambiente em contribuir para a manutenção da saúde mental, pelo fornecimento de oportunidades para reflexão, enriquecimento espiritual, enriquecimento cultural e desenvolvimento cognitivo. A seguir, são descritas as 37 funções ambientais citadas por De Groot (1992) e sua correlação com as florestas:

1. Regulação contra influências cósmicas prejudiciais: A cobertura vegetal protege o solo e sua biota contra os efeitos nocivos dos raios UV.
2. Regulação do balanço local e global de energia: Manutenção da cobertura vegetal do solo durante a maior parte do tempo, não permitido um aumento da temperatura, devido ao albedo do solo descoberto.
3. Regulação da composição química da atmosfera: Balanço positivo CO_2/O_2, principalmente pela presença de árvores nas propriedades e também pela não emissão de CH_4 que poderiam ser emitidos dependendo do manejo (uso de fertilizantes nitrogenados) e das atividades agropecuárias desenvolvidas.
4. Regulação da composição química dos oceanos: Não emitindo poluentes (Agrotóxicos e resíduos) para os cursos de água que poderiam atingir o os oceanos.
5. Regulação do clima local e regional (incluindo o ciclo hidrológico): Através da manutenção de árvores influenciando positivamente a temperatura e a umidade relativa. Mantendo e conservando as nascentes de água e minas com a presença de mata ciliar.
6. Regulação do escoamento superficial, sub-superficial, da infiltração e das enchentes: Depende basicamente da capacidade de infiltração do solo, onde o teor de Matéria Orgânica (MO) é bastante importante para evitar a

compactação e melhorar a estrutura (porosidade) e aumentar a retenção de água.

7. Recarga de aqüíferos e conservação de nascentes: A manutenção da MO no solo afeta a estrutura do solo, que evita a compactação e facilita a infiltração da água.

8. Prevenção da erosão: Solos com constante cobertura, sem compactação e alto teor de MO são mais resistentes à erosão.

9. Formação do solo e manutenção da fertilidade: A presença de MO, da biodiversidade e de uma alta atividade biológica contribuem para a formação do solo;

10. Produção de biomassa: A floresta produz biomassa verde (árvore e arbustos) e biomassa morta (serapilheira).

11. Estoque e ciclagem de matéria orgânica: Uma agricultura de produto, não se preocupa com a ciclagem da MO porque ela adquire inputs externos, já em fragmentos florestais a ciclagem e manutenção do estoque de MO é um processo natural.

12. Estoque e ciclagem de nutrientes: Uma agricultura de produto, não se preocupa com a ciclagem de nutrientes ao contrario de um fragmento que realiza a ciclagem de nutrientes de forma natural e contínua.

13. Estoque e reciclagem de efluentes industriais e domésticos: O fragmento florestal pode atuar como filtro biológico ao reter e reciclar os efluentes.

14. Regulação do controle das populações: A manutenção da biodiversidade é um dos princípios para o sucesso de uma agricultura sustentável estimuladora do controle biológico natural e o fragmento florestal dá manutenção a este processo.

15. Manutenção da migração e de habitats reprodutivos: Agroecossistemas que apresentam florestas e não utilizam venenos, podem contribuir para tal função.

16. Manutenção da biodiversidade: Agroecossistemas que apresentam florestas e não utilizam venenos, podem contribuir para tal função.

17. Habitação: A floresta contribui para a qualidade de vida nas habitações.

18. Cultivos (agricultura, pecuária, aqüicultura): A presença de fragmentos florestais contribui para com o “fornecimento” de polinizadores e controle biológico das atividades agropecuárias.
19. Conversão de energia: A fotossíntese contribui muito para esta conversão, assim como as cadeias tróficas.
20. Recreação e turismo: Propriedades florestadas podem desenvolver atividades de agro turismo e o eco turismo.
21. Proteção da natureza: Propriedades com áreas de reserva florestal podem exercer essa função.
22. Oferta de oxigênio: Depende do balanço final Produção/Consumo, mas a presença de árvores na propriedade contribui para essa função.
23. Oferta de água com qualidade: Está relacionada com a característica geológica da área e a presença de áreas florestadas.
24. Oferta de alimentos: Florestas podem fornecer frutas silvestres e produtos apícolas. Depende do manejo adotado.
25. Recursos genéticos: A manutenção de áreas naturais favorece a preservação dos recursos genéticos.
26. Recursos medicinais: As áreas florestadas permitem a manutenção dos recursos medicinais já conhecidos e aqueles que ainda não foram reconhecidos.
27. Matéria primas: Florestas podem fornecer fibras e madeira.
28. Matéria prima para indústria: Fornecimento sustentável de madeira
29. Recursos bioquímicos não relacionados aos usos medicinais e energéticos: Espécies florestais podem ofertar óleos, resinas e gomas.
30. Oferta de energia: Oferta de matéria orgânica, nutrientes e biomassa.
31. Fertilizantes e alimentos para animais: Utilização da serrapilheira como fonte de matéria orgânica e nutrientes.
32. Recursos ornamentais: orquídeas e bromélias, podem ser colhidas de maneira sustentável nos áreas florestadas.
33. Beleza cênica (características estéticas): A floresta, com uma maior diversidade, não apresenta a monotonia da paisagem de uma monocultura.

34. Enriquecimento espiritual: Depende dos aspectos culturais de cada população.
35. Obtenção de informações históricas: Pela presença e preservação de árvores raras e antigas; também pode-se conservar valores e tradições de determinadas regiões.
36. Desenvolvimento de características culturais e inspiração artística: A paisagem florestal é biodiversa e heterogenia.
37. Obtenção de informações científicas e culturais: É um laboratório ao ar livre para o desenvolvimento de estudos científicos e culturais.

Para este trabalho de pesquisa optou-se trabalhar com o conceito de Serviços Ambientais, pois este conceito é amplamente empregado, por diferentes Instituições, no Brasil.

2.6 AVALIAÇÃO EMERGÉTICA

2.6.1 BREVE HISTÓRICO

Segundo Ortega (2002), em 1967 Howard Odum começou a usar o termo *energia incorporada* para denotar as calorias (ou Joules) de um tipo de energia necessário para produzir outro tipo de energia, porém esse mesmo nome foi usado por outros investigadores para conceitos que eram diferentes, pois utilizavam formas diferentes de raciocínio e de cálculos. Para diferenciar o método ecossistêmico - energético, em 1983, Howard T. Odum e David Scienceman escolheram um novo nome, *emergia* (escrito com “m”). Desde então, muitos grupos científicos ao redor do mundo (veja, por exemplo, no site http://www.emergysystems.org/) passaram a usar o termo emergia com o significado de *memória da energia* de um certo tipo usada para converter em outra.

2.6.2 CONCEITOS

Reconhecendo que há energia disponível em tudo aquilo que é reconhecido como um ente na Terra (e no Universo), inclusive a informação, a energia poderia ser usada para indicar a riqueza real em uma base comum.

Para resolver o problema de agregar as calorias de tipos diferentes de energia, poderia usar-se a *emergia*, que reconhece e mede a hierarquia universal de energia. Para reconhecer a qualidade e funcionalidade diferente de cada tipo energia, que depende do trabalho prévio de geração desse recurso utilizou-se em um *fator de conversão de energia.* A emergia de um tipo de energia, transformadas em uma unidade de energia de outro tipo chama-se *transformidade* (ORTEGA, 2002).

De acordo com Odum (2001) citado por Ortega (2002), o estabelecimento de uma hierarquia, para aproveitar a energia disponível e realizar o trabalho sistêmico, deve ser considerado como a 5ª lei da energia. Os sistemas da natureza e a humanidade são partes de uma hierarquia de energia universal e estão imersos em uma rede de transformação de energia que une os sistemas. A transformidade mede a qualidade da energia e sua posição na hierarquia de energia universal.

Os diagramas de fluxos de energia mostram apenas os elementos determinantes para o funcionamento do sistema, desde os fluxos simples ou de menor intensidade, à esquerda, aos fluxos maiores e mais complexos, à direita. A energia disponível (energia potencial) é transformada, em um processo interativo, em uma energia de quantidade menor, porém de maior qualidade, a qual será aproveitada em uma próxima etapa do sistema. A auto-organização do sistema, evidenciada por seus laços de retroalimentação, reforça o funcionamento das estruturas primárias (à esquerda no diagrama) fornecendo energias de maior qualidade vindas dos elementos no topo da cadeia trófica (à direita no diagrama) buscando o aumento da captação de energia do sistema (laço auto-catalítico) (ORTEGA, 2002).

As calorias de energia de tipos diferentes não são equivalentes em sua contribuição de trabalho útil. Por exemplo, requerem-se, de forma direta e indireta, aproximadamente 1.000.000 calorias de luz solar para produzir uma quilocaloria de matéria orgânica (dispersa em um amplo espaço); 40.000 calorias solares para produzir uma quilocaloria de carvão; 170.000 calorias para produzir uma caloria de eletricidade e 10 milhões ou mais para suportar uma caloria de trabalho humano. Os números maiores de densidade

emergética correspondem à informação genética. Assim, a emergia de algo é a energia disponível (energia potencial) de certo tipo que é usada para fazê-lo (ORTEGA, 2002).

Para não confundir a energia que existe em um produto com a que é usada para fazê-lo, as unidades de emergia são denominadas, emjoules (seJ). Na metodologia emergética costuma-se usar a emergia de insolação solar como a medida comum. E são usadas transformidades solares, ou seja, emergia solar por unidade de energia, e as unidades da transformidade solar são denominadas em emjoules solares por Joule (seJ/J) (ORTEGA, 2002).

De acordo com Odum (2001) citado por Ortega (2002), como as pessoas não pensam em unidades de emergia, assim, recomenda-se o uso de seu equivalente econômico denominado emdólar, obtido através da razão [emergia/dinheiro] da economia local, regional ou mundial. Os emdólares indicam o dinheiro circulante cujo poder de compra está estabelecido pelo uso de uma quantidade de emergia.

Os emdólares são equivalentes de emergia estimados a partir da emergia e vice-versa, usando proporções de emergia/dinheiro da economia estudada. A relação emergia/dinheiro da biosfera é avaliada como 1.1×10^{12} seJ/US$ em 1999 (BROWN e ULGIATI, 1999) sendo determinado que 70% da riqueza real do mundo provém dos recursos não renováveis e apenas 30% dos recursos são renováveis (sol, marés e calor da terra).

Sweeney et al. (2006), apresentam a Tabela 2 com os valores dos índices emergéticos de 134 nações para o ano de 2000. Estes valores podem ser visualizados abaixo, na Tabela 2.

TEBELA 2. Índices emergéticos para diferentes Países. Legenda: U = utilização de emergia total; U / A = uso por área; R / U = fração renovável; Elec / U = fração de energia elétrica; EMR = relação emergia/dinheiro dólares; IR = relação de investimento; ELR = razão de carga ambiental; EYR = Relação de rendimento de emergia.

Country	U E22 sej/yr	U/A E11sej/m^2/yr	R/U	Elec/U	EMR E12	IR	ELR	EYR
United States	1889.2	20.6	0.12	0.20	1.9	1.41	7.29	1.71
China	1285.6	13.8	0.26	0.10	11.9	0.33	2.83	4.03
Mexico	917.8	47.7	0.04	0.02	15.8	3.09	21.51	1.32
Russia	742.3	4.4	0.35	0.11	28.6	0.10	1.86	11.33
Japan	710.8	189.7	0.03	0.13	1.5	2.25	34.75	1.45
Brazil	707.7	8.4	0.50	0.05	11.8	0.12	1.00	9.58
Canada	598.9	6.6	0.51	0.09	8.4	0.48	0.95	3.07
U.K	545.1	225.6	0.44	0.06	3.8	0.95	1.29	2.05
India	533.4	17.9	0.28	0.09	11.4	0.17	2.53	6.90
Germany	525.3	150.4	0.01	0.10	2.8	10.12	99.76	1.10
Australia	482.8	6.3	0.49	0.04	12.4	0.14	1.04	8.17
Spain	455.3	91.1	0.02	0.05	8.1	0.64	41.24	2.57
South Korea	415.2	422.9	0.24	0.06	9.0	1.36	3.24	1.74
Italy	414.0	140.8	0.02	0.07	3.9	2.12	60.32	1.47
France	382.2	70.1	0.16	0.11	2.9	4.58	5.19	1.22
Indonesia	310.0	17.0	0.57	0.03	20.6	0.19	0.74	6.39
Argentina	291.7	10.7	0.79	0.03	10.3	0.08	0.26	12.83
Netherlands	217.4	641.7	0.04	0.05	5.9	11.20	22.72	1.09
Belgium	209.5	691.9	0.00	0.04	9.2	5.34	323.1	1.19
South Africa	207.2	17.0	0.08	0.09	16.2	0.16	11.65	7.25
Thailand	183.0	35.8	0.10	0.05	14.9	0.62	8.69	2.61
Ukraine	165.4	27.4	0.07	0.09	52.9	0.31	13.07	4.20
Malaysia	161.7	49.2	0.26	0.04	18.0	0.90	2.87	2.11
Iran	160.9	9.8	0.22	0.07	15.6	0.15	3.61	7.72
Turkey	150.0	19.5	0.10	0.08	7.5	1.08	9.29	1.93
Peru	148.8	11.6	0.34	0.01	28.0	0.06	1.93	17.41
Poland	134.4	44.1	0.03	0.09	8.2	0.71	37.29	2.40
Zimbabwe	123.6	32.0	0.05	0.01	171.6	0.04	19.36	27.20
Ireland	119.3	173.2	0.63	0.02	12.6	0.46	0.58	3.19
Chile	112.2	15.0	0.20	0.04	15.0	0.23	3.98	5.37
Venezuela	103.8	11.8	0.38	0.08	8.6	0.13	1.64	8.45
Colombia	98.6	9.5	0.61	0.04	11.8	0.14	0.63	8.26
Portugal	94.4	102.7	0.04	0.04	8.9	0.85	23.07	2.18
Austria	91.5	111.0	0.03	0.06	4.8	1.57	31.04	1.64
Saudi Arabia	91.1	4.6	0.09	0.13	4.8	0.39	10.35	3.58
Bangladesh	88.0	65.7	0.85	0.02	18.1	0.13	0.18	8.97
Sweden	84.8	20.6	0.05	0.16	3.5	3.00	19.31	1.33
Kazakhstan	82.8	3.1	0.16	0.06	45.3	0.12	5.17	9.10
Philippines	80.6	27.0	0.19	0.05	10.6	1.04	4.34	1.97
Norway	68.3	22.2	0.33	0.16	4.1	1.00	2.04	2.00
Pakistan	65.9	8.5	0.17	0.09	10.3	0.42	4.89	3.37
New Zealand	62.2	23.2	0.63	0.06	12.0	0.26	0.58	4.91
Czech	62.0	80.3	0.01	0.09	11.2	1.83	77.81	1.55
Switzerland	61.0	153.5	0.03	0.09	2.5	27.76	31.65	1.04
Greece	57.7	44.1	0.03	0.08	5.1	2.53	29.60	1.39
PNG	57.1	12.6	0.71	0.00	167.1	0.31	0.40	4.19
Kenya	49.7	8.7	0.26	0.01	47.5	0.09	2.86	12.25
Egypt	49.4	5.0	0.08	0.14	4.8	0.52	12.17	2.93
Nigeria	49.3	5.4	0.39	0.03	11.7	0.37	1.55	3.68
Finland	48.4	15.9	0.04	0.16	4.0	3.31	23.26	1.30
Denmark	48.1	113.4	0.04	0.07	3.0	5.70	21.83	1.18

TEBELA 2. Continuação.

Country	U E22 sej/yr	U/A E11sej/m2/y	R/U	Elec/U	EMR E12	IR	ELR	EYR
Madagascar	44.1	7.6	0.84	0.00	113.6	0.03	0.19	38.05
Mozambique	43.7	5.6	0.93	0.01	118.7	0.03	0.07	38.38
Romania	39.4	17.1	0.14	0.12	10.6	0.94	6.40	2.06
Zambia	39.4	5.3	0.52	0.01	121.6	0.03	0.94	36.84
Vietnam	39.2	12.0	0.65	0.06	12.5	0.21	0.53	5.74
Morocco	37.1	8.3	0.19	0.04	11.1	0.77	4.25	2.30
Bolivia	37.0	3.4	0.62	0.01	44.1	0.17	0.62	6.76
Iceland	37.0	36.9	0.85	0.02	43.9	0.07	0.17	16.00
Hungary	36.9	40.0	0.02	0.10	7.9	4.69	49.53	1.21
Sudan	35.4	1.5	0.73	0.01	30.7	0.05	0.37	21.17
Israel	34.3	168.8	0.00	0.11	2.9	12.35	295.2	1.08
Ethiopia	33.4	3.0	0.83	0.00	55.5	0.05	0.20	19.49
Algeria	33.0	1.4	0.12	0.07	6.1	0.45	7.28	3.20
Bulgaria	32.3	29.2	0.06	0.10	25.6	0.53	15.55	2.88
Ecuador	31.2	11.3	0.61	0.03	19.6	0.15	0.65	7.68
Slovakia	28.8	59.1	0.03	0.08	14.2	2.20	38.10	1.45
Tanzania	28.0	3.2	0.78	0.01	30.8	0.07	0.28	14.61
Kuwait	24.9	139.5	0.01	0.12	6.9	0.32	82.10	4.16
Gabon	24.5	9.5	0.40	0.00	48.7	0.03	1.49	32.35
Belarus	24.0	11.5	0.06	0.13	23.0	6.31	14.95	1.16
Cameroon	22.9	4.9	0.73	0.01	24.7	0.08	0.38	13.23
Nepal	22.3	16.3	0.85	0.01	41.8	0.08	0.18	13.46
Uruguay	19.9	11.5	0.38	0.04	9.9	0.23	1.61	5.39
Ghana	19.9	8.6	0.31	0.04	40.0	0.36	2.25	3.79
Guatemala	19.7	18.2	0.37	0.02	10.4	0.40	1.67	3.51
Syria	18.7	10.2	0.06	0.12	7.6	0.17	15.71	6.72
Jordan	17.9	19.4	0.01	0.04	21.1	0.50	78.74	3.00
Tunisia	17.7	11.4	0.04	0.05	9.1	1.46	25.31	1.68
Serbia &	16.5	16.1	0.13	0.20	15.0	0.47	6.55	3.14
Panama	16.2	21.4	0.61	0.03	16.2	0.28	0.64	4.54
Cote d'Ivory	15.2	4.8	0.50	0.02	14.3	0.42	0.99	3.38
Libya	14.8	0.8	0.16	0.13	4.3	0.35	5.44	3.85
Armenia	14.1	49.6	0.03	0.04	73.7	0.09	38.54	12.54
Guyana	14.0	7.1	0.85	0.01	196.1	0.06	0.18	16.62
Slovenia	13.4	66.4	0.06	0.08	7.1	5.71	17.00	1.18
Cuba	12.8	11.5	0.19	0.11	4.6	1.25	4.33	1.80
Cent. Afr. Rep.	12.7	2.0	0.94	0.00	139.6	0.01	0.06	110.2
Costa Rica	12.6	24.9	0.38	0.05	7.9	0.82	1.66	2.22
Suriname	12.4	7.7	0.84	0.02	159.1	0.08	0.20	13.75
Trin.&Tobago	11.9	231.7	0.03	0.04	14.5	0.92	30.97	2.09
Namibia	11.8	1.4	0.46	0.02	34.1	0.30	1.19	4.37
Croatia	11.4	20.3	0.09	0.12	6.2	3.32	10.04	1.30
Mongolia	11.2	0.7	0.62	0.03	118.8	0.08	0.62	12.92
Jamaica	11.2	103.1	0.03	0.05	14.5	0.73	33.54	2.37
Oman	10.9	5.2	0.31	0.07	5.5	0.60	2.20	2.66
Guinea	10.8	4.4	0.60	0.01	35.4	0.08	0.67	13.67
Paraguay	10.8	2.7	0.72	0.02	14.0	0.25	0.39	4.95
Botswana	10.8	1.8	0.42	0.02	21.6	0.34	1.37	3.93
Turkmenistan	10.4	2.1	0.14	0.07	21.2	0.20	6.03	6.05
Nicaragua	10.3	8.6	0.56	0.02	26.2	0.23	0.79	5.31
Cambodia	10.1	5.7	0.78	0.00	30.1	0.16	0.29	7.10

TEBELA 2. Continuação.

Country	U E22 sej/yr	U/A E11sej/m^2/yr	R/U	Elec/U	EMR E12	IR	ELR	EYR
Honduras	10.0	8.9	0.41	0.04	16.9	0.32	1.44	4.15
Lithuania	9.9	15.2	0.08	0.10	8.9	4.90	12.03	1.20
El Salvador	9.8	47.5	0.22	0.04	7.5	0.78	3.64	2.28
Congo	9.4	2.8	0.90	0.01	29.2	0.05	0.12	22.30
Mali	9.3	0.8	0.76	0.00	38.0	0.11	0.32	9.86
Azerbaijan	9.1	10.6	0.10	0.19	17.3	0.22	8.80	5.59
Uganda	9.0	4.5	0.65	0.01	15.7	0.13	0.54	8.43
Senegal	8.6	4.5	0.55	0.02	19.7	0.35	0.83	3.88
Yemen	8.5	1.6	0.37	0.03	10.0	0.37	1.68	3.68
Lebanon	8.3	81.0	0.04	0.10	5.0	20.55	23.69	1.05
Mauritania	6.8	0.7	0.79	0.00	75.1	0.13	0.27	8.50
Latvia	6.7	10.6	0.20	0.09	9.4	2.09	3.97	1.48
Estonia	6.6	15.3	0.10	0.10	12.8	5.21	8.97	1.19
Sierra Leone	6.1	8.5	0.57	0.00	96.0	0.52	0.77	2.93
Macedonia	5.9	23.7	0.04	0.11	16.4	0.69	23.02	2.44
Niger	5.8	0.5	0.74	0.01	32.5	0.10	0.35	10.89
Burkina Faso	4.9	1.8	0.63	0.01	22.5	0.20	0.59	5.96
Togo	4.8	8.7	0.22	0.01	35.8	0.26	3.57	4.82
Guinea-Bissau	4.6	16.3	0.97	0.00	202.7	0.02	0.03	49.20
Benin	4.2	3.8	0.45	0.02	18.8	0.39	1.23	3.57
Cyprus	4.1	44.6	0.02	0.07	4.7	10.82	59.14	1.09
Albania	4.0	14.7	0.22	0.14	10.5	1.25	3.56	1.80
Malawi	3.7	3.9	0.55	0.03	21.1	0.19	0.82	6.30
Eritrea	2.7	2.3	0.74	0.01	36.4	0.20	0.35	6.06
Belize	2.5	11.1	0.34	0.00	33.3	0.39	1.96	3.55
Moldova	2.4	7.2	0.10	0.21	18.7	5.17	8.78	1.19
Rwanda	1.9	7.7	0.36	0.01	11.1	0.21	1.75	5.69
Swaziland	1.4	8.4	0.21	0.07	10.4	3.27	3.76	1.31
Lesotho	1.4	4.6	0.53	0.02	16.2	0.74	0.88	2.36
Burundi	1.2	4.8	0.39	0.01	17.3	0.20	1.58	5.93
The Gambia	1.1	11.3	0.76	0.01	26.7	0.27	0.32	4.73
Djibouti	0.8	3.5	0.43	0.02	14.4	1.26	1.33	1.79
Avg. of nations	120.2	42.7	0.34	0.06	27.9	1.58	15.20	7.38

Fonte: Sweeney et al. (2006),

2.6.3 APLICAÇÕES

A avaliação emergética de ecossistemas, florestas e bens e serviços ecossistêmicos já foi empregada anteriormente em estudos internacionais como: *Trophic structure and produtivity of Silver Springs* (ODUM, 1957), *Environmental accounting, emergy and decision making* (ODUM, 1996), *An emergy evaluation of Puerto Rico and the Luquillo experimental forest* (SCATENA et al., 2002), *Emergy Evaluation of the Biosphere and Natural Capital* (BROWN e ULGIATI, 1999) e *Using Emergy to Value Ecosystem Goods and Services* (VOORA e THRIFT, 2010).

No Brasil, a avaliação emergética já foi empregada em muitos trabalhos de pesquisadores e parceiros do Laboratório de Engenharia Ecológica (LEIA),

coordenado pelo Dr. Enrique Ortega, da Universidade Estadual de Campinas, muitos deles podem ser encontrados no site do LEIA (http://www.unicamp.br/fea/ortega/).

A maioria destes trabalhos aplicou a avaliação emergética em sistemas de produção agrícola, sistemas agrosilvipastoris, piscicultura, propriedades rurais, bacias e regiões hidrográficas. O trabalho que mais se aproxima do presente estudo, no Brasil, foi desenvolvido por Watanabe (2008), que calculou o valor dos serviços ecossistêmicos, vinculados aos ciclos da água, do carbono e do nitrogênio, do sistema Mata Nativa e Cana-de-Açúcar. Contudo a avaliação emergética de florestas tropicais em processo de sucessão natural secundária é inovador para o Brasil.

3 MATERIAL E MÉTODOS

No total foram analisadas 55 variáveis neste estudo, das quais 22 foram coletadas em campo/laboratório (dados primários) e 33 variáveis foram estimadas a partir de dados da literatura (dados secundários); subdivididas em 19 variáveis de fluxo de entrada, 17 variáveis de estoque, 13 variáveis de fluxo interno e 6 variáveis de fluxo de saída.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Os dados primários foram coletados em cinco áreas remanescentes da Serra da Mantiqueira (Floresta Estacional Semidecidual), localizadas em Áreas de Preservação Permanente, que estão identificadas na Tabela 3.

TABELA 03. Descrição das áreas de estudo.

Idade da área (anos)	Localização	Município	Área (ha)	Tipo de solo	Vegetação/estágio de regeneração
0	Fazenda das Palmeiras (22°33'03.66" S; 46°50'14.13" O)	Itapira, SP	17,80	Latossolo	Degradada/cultivo de gramínea
7	Sítio Duas Cachoeiras (22°45'19.25" S; 46°48'36.48" O)	Amparo, SP	1,23	Latossolo	Em recuperação/ inicial
25	Sítio Duas Cachoeiras (22°45'26.74" S; 46°48'30.52" O)	Amparo, SP	2,94	Latossolo	Em recuperação/ média
75	Sítio Duas Cachoeiras (22°45'24.60" S; 46°48'23.25" O)	Amparo, SP	3,30	Latossolo	Em recuperação/ avançada
200	Fazenda das Palmeiras (22°32'46.58" S; 46°50'00.69" O)	Itapira, SP	64,10	Latossolo	Em recuperação/ avançada

As Figuras de 5 a 13 foram obtidas com a ferramenta Google Earth. A Figura 5 mostra a imagem dos fragmentos presentes no Sítio Duas Cachoeiras, enquanto a Figura 6 mostra a área de estudo com 0 ano e o fragmento presente na divisa territorial da Fazenda das Palmeiras. As Figuras 7 e 8 mostram de maneira mais detalhada as áreas da Fazenda das Palmeiras.

FIGURA 5. Áreas de estudo do Sítio Duas Cachoeiras (Fonte: Google Earth).

A idade dos fragmentos foi identificada a partir das declarações dos proprietários sobre o histórico das áreas. Em ambas as propriedades a vegetação primária foi suprimida para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, que deixaram de ser desenvolvidas nestes locais pelas exigências do Código Florestal e do reconhecimento da importância ecológica destas áreas, no caso do Sítio Duas Cachoeiras, cujo proprietário declarou as áreas estudadas como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

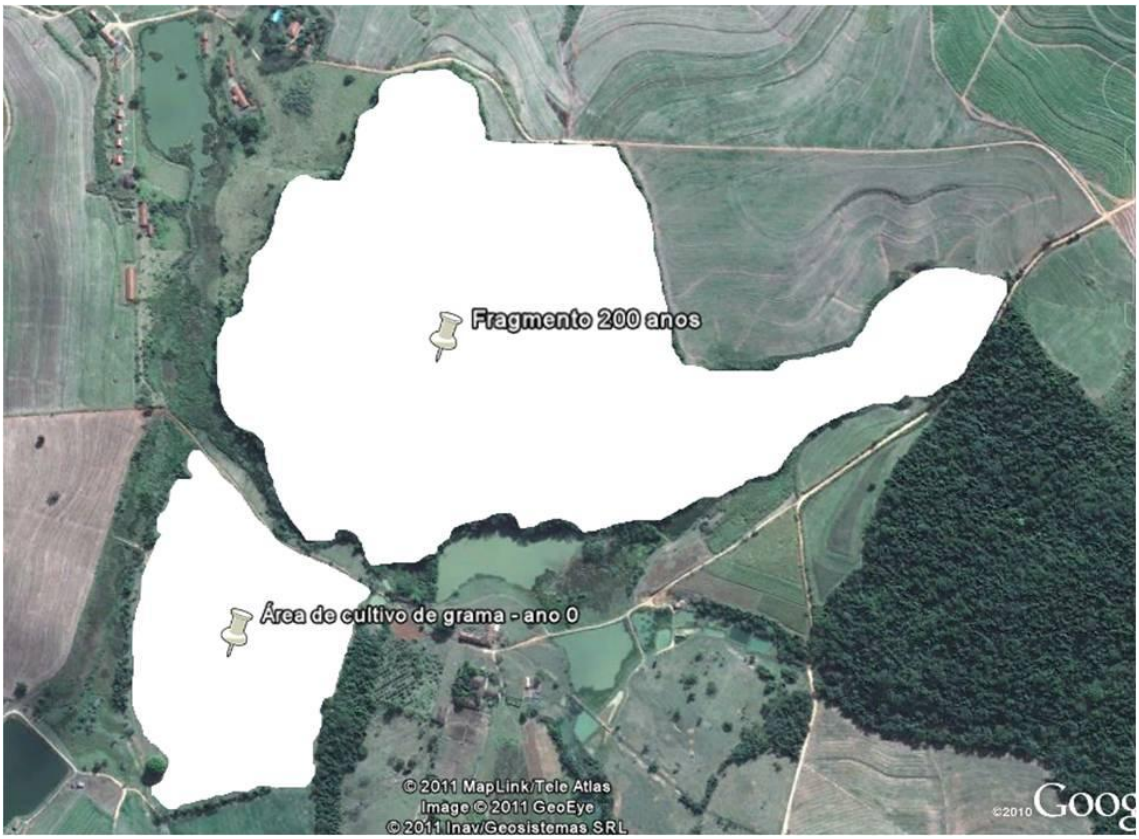

FIGURA 6. Áreas de estudo da Fazenda das Palmeiras (Fonte: Google Earth).

FIGURA 7. Fragmento com 200 anos na Fazenda das Palmeiras (Fonte: Google Earth).

FIGURA 8. Área de estudo com 0 ano na Fazenda das Palmeiras (Fonte: Google Earth).

3.2 COLETA E ANALISE DE DADOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS

Aplicando os conceitos da Ecologia de Sistemas, as áreas de estudo são definidas como sistemas abertos. Os fluxos de massa e energia que entram nos sistemas são caracterizados como *Variáveis de Entrada*. Foram estudadas 19 variáveis de entrada em cada área, descritas a seguir:

(1) A Radiação Solar foi obtida no site na NASA (2010), a partir das coordenadas geográficas da região (acessado em 27/08/2010). Os valores de referência para a estimativa do Albedo para todas as áreas de estudo foi obtido na literatura (PEREIRA et al., 2002). Este cálculo foi necessário para estimar a entrada de energia solar efetiva nas áreas de estudo.

(2) A pluviosidade (chuva) das áreas foi calculada pela média dos valores medidos pelo proprietário do Sítio Duas Cachoeiras, que forneceu os dados da pluviosidade média anual referente ao período de 08/2009 a 08/2010, e do dado de pluviosidade da mesma área utilizado na dissertação de mestrado de Agostinho (2005). Como a Fazenda das Palmeiras não tinha estes

dados e está localizada na mesma região, foi considerada a mesma pluviosidade média para todas as áreas de estudo.

(3) A velocidade sazonal do vento da região foi obtida junto ao Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESEB, 2010). As médias sazonais fornecidas foram utilizadas para calcular a média anual das áreas de estudo.

(4) O Soerguimento Geológico aumenta a energia dos agentes erosivos. O valor de referência para o cálculo dos sistemas do estudo foi calculado a partir de dados obtidos na literatura (ODUM, 2000) e no site do IBGE (2010).

(5) A Água do Lençol Freático para Nascente representa a água que entra no sistema via lençol freático e que aflora nas nascentes. Apenas os sistemas com 25 e 75 anos apresentam nascentes e o valor de entrada de água foi considerado pela vazão das nascentes, medida “in situ” nos dois sistemas.

(6) O Dióxido de Carbono (CO_2) da atmosfera que entra nos sistemas no processo de fotossíntese, também denominado Produtividade Primária Bruta (PPB), foi estimado por cálculos estequiométricos dos valores da medição dos estoques locais de carbono fixado em cada sistema.

(7) O Metano (CH_4) que entra no sistema foi estimado a partir de dados de referência de florestas tropicais obtidos na literatura estrangeira (KNIEF et al., 2005), devido à dificuldade de encontrar estes dados de referência para o Brasil, constatação que evidencia a necessidade de estudos nessa linha a nível nacional.

(8) O Oxigênio entra nos sistemas já que é utilizado no processo de Respiração vegetal e Metanotrofia. Estes valores foram estimados por cálculos estequiométricos, para cada sistema de estudo, a partir dos valores de Dióxido de Carbono liberado pela vegetação no processo de respiração vegetal.

(9) O Nitrogênio (N_2) que entra nos sistemas foi estimado a partir do estoque de N_2 fixado no solo, calculados para este estudo segundo Raij (1991).

(10 -19) Estas variáveis se referem às entradas de Nutrientes no sub-solo (abaixo de 0,4 m de profundidade) pela absorção das raízes das árvores; devido a carência de estudos para a obtenção destes dados, foi considerado

como valor de entrada 0,1% dos nutrientes estocados no perfil (descrito a seguir) de 0,0 a 0,4 m do solo (porcentagem considerada a partir da comunicação oral do Dr. José Carlos Casagrande em 2010). Os nutrientes (Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), são absorvidos do sub-solo e ciclados pela vegetação.

Em cada área, foram estudadas 17 variáveis de Estoque. As Figuras de 9 a 13 ilustram os pontos de coleta de dados e a medição das áreas (hectares) em cada sistema. A área foi calculada com a ferramenta de polígonos do Google Earth. Foram demarcadas em cada sistema três parcelas, representadas pelos quadrados alaranjados nas Figuras de 9 a 13, de 100 m^2 (10 m x 10 m) para medição do DAP (Diâmetro na Altura do Peito) das árvores.

A coleta de amostras para realizar as análises químicas, físicas e microbiológicas de solo foi pontual, referente ao mês de fevereiro de 2010, ilustradas pelo transecto pontilhado em vermelho. A riqueza de espécies vegetais é analisada separadamente do total das 55 variáveis. Este dado foi estimado pela identificação de morfo-espécies em cada área de estudo durante uma caminhada de seis horas em cada área de estudo. Os transectos traçados estão representados pelas linhas tracejadas em azul.

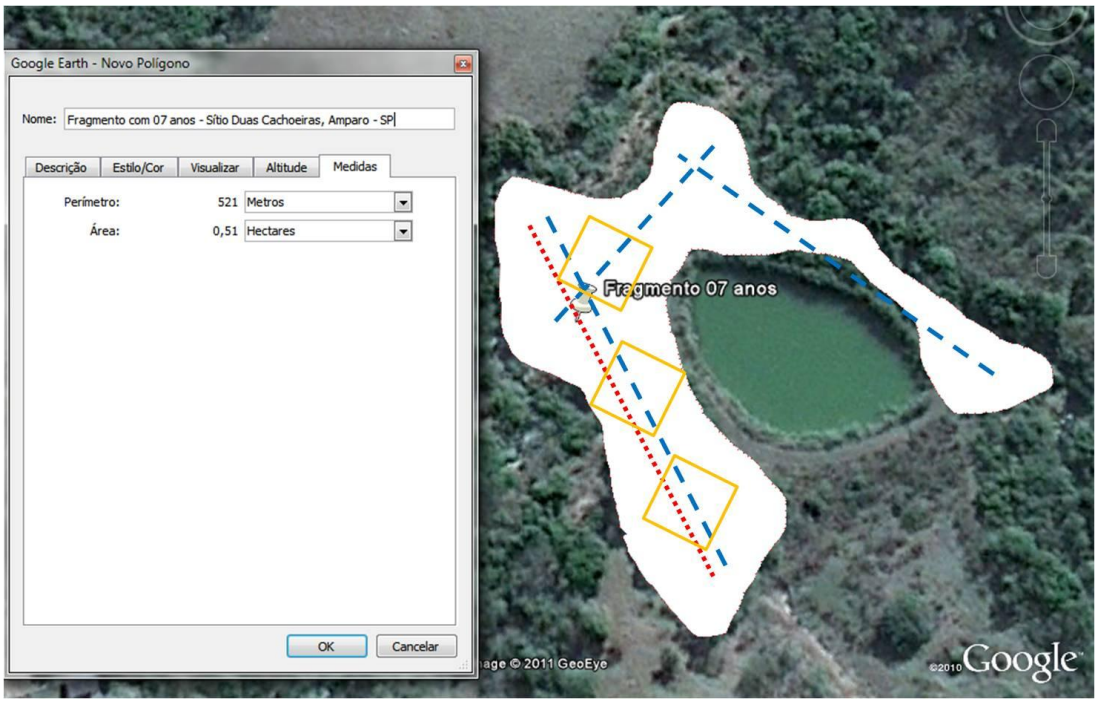

FIGURA 9. Área de estudo com sete anos no Sítio Duas Cachoeiras (Fonte: Google Earth).

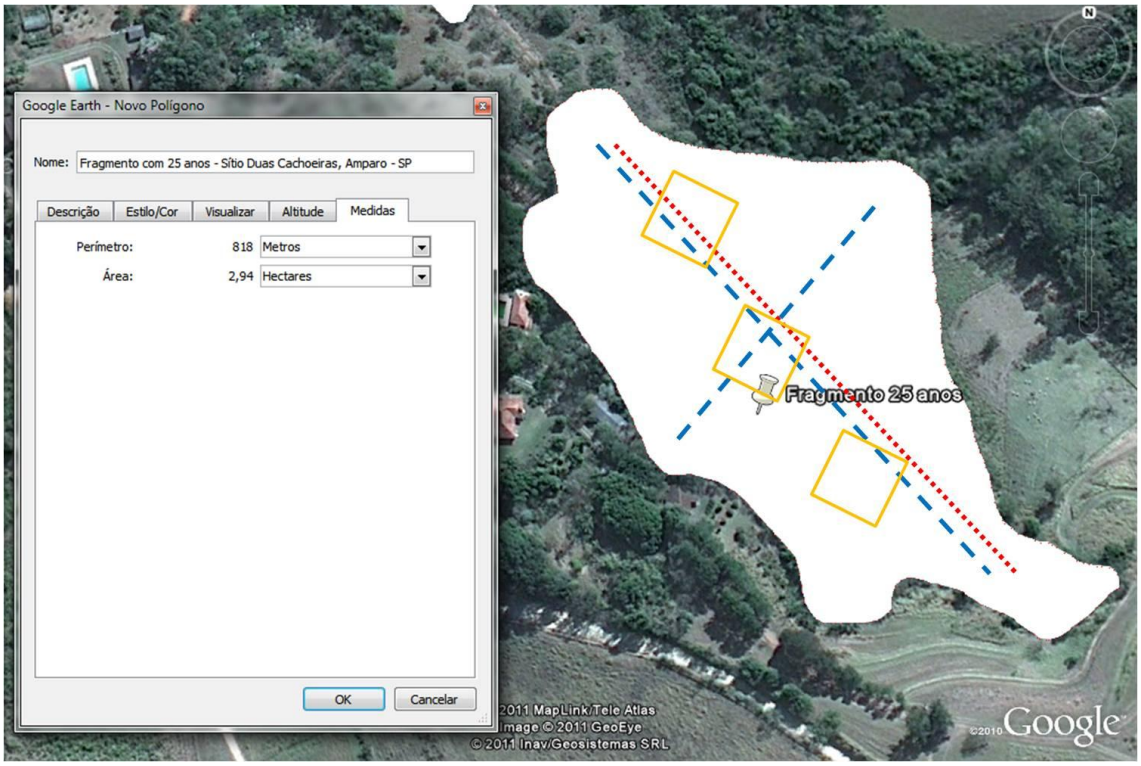

FIGURA 10. Área de estudo com 25 anos no Sítio Duas Cachoeiras (Fonte: Google Earth).

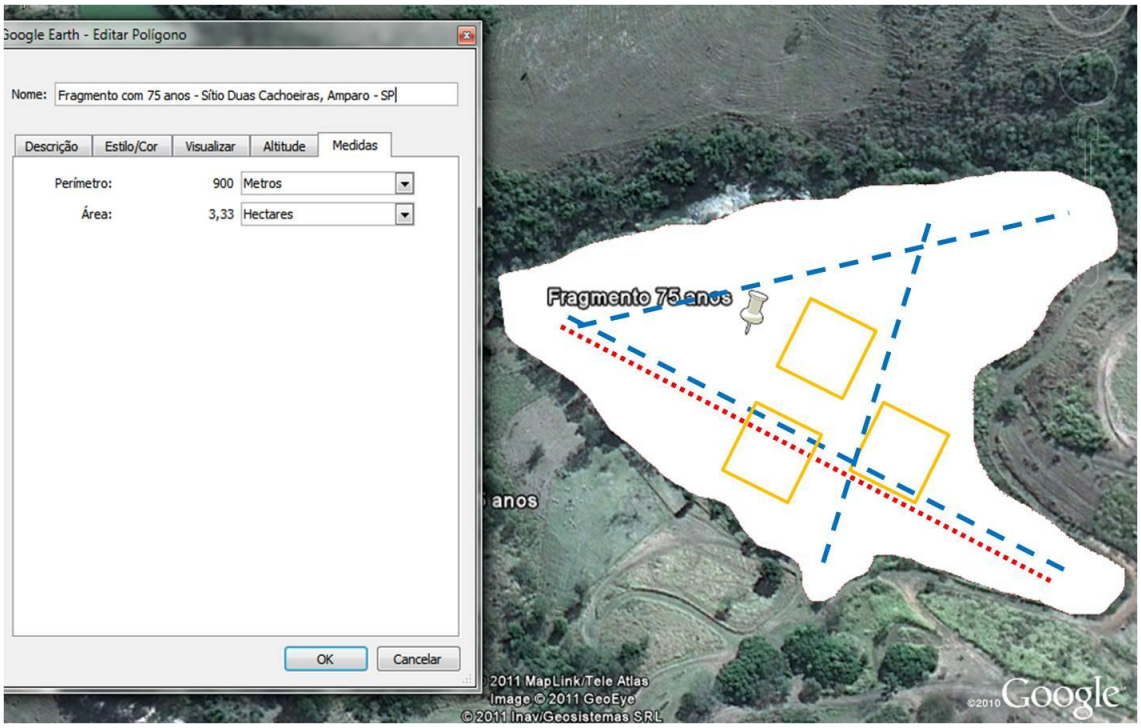

FIGURA 11. Área de estudo com 75 anos no Sítio Duas Cachoeiras (Fonte: Google Earth).

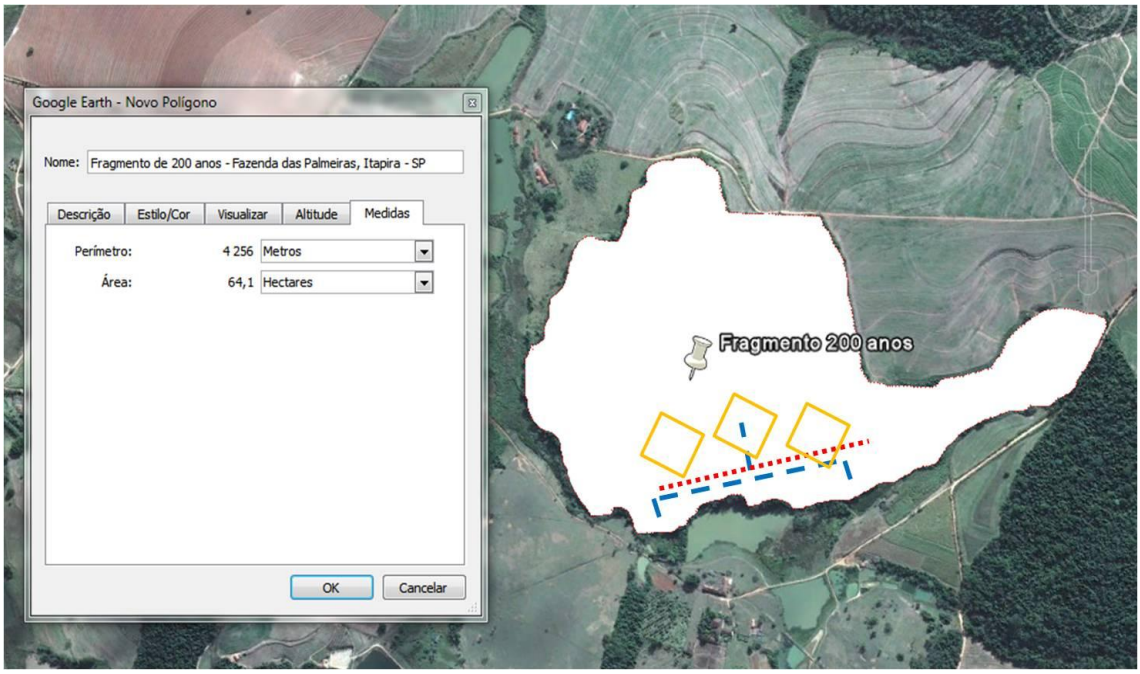

FIGURA 12. Área de estudo com 200 anos na Fazenda das Palmeiras (Fonte: Google Earth).

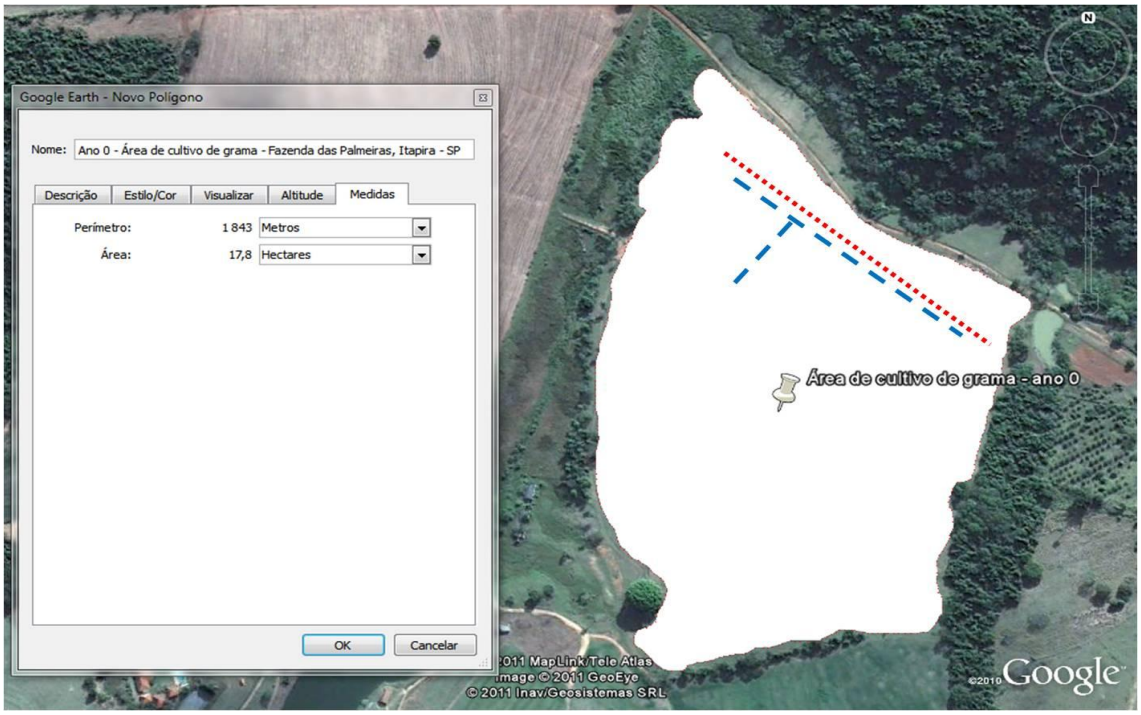

FIGURA 13. Área de estudo com 0 ano na Fazenda das Palmeiras (Fonte: Google Earth).

A Figura 13 não possui a indicação das parcelas de medição da biomassa arbórea porque possui apenas uma árvore na cabeceira desta área, como ilustra a Figura 14.

FIGURA 14. Área de estudo com 0 ano na Fazenda das Palmeiras. No detalhe, a árvore na cabeceira da área e a sonda de coleta de solo (Foto: Thiago J Roncon).

As 17 variáveis de estoque estão descritas abaixo:

(1) A Biomassa Verde seca foi medida (Diametro na Altura do Peito - DAP) em campo nos sistemas com 7, 25, 75 e 200 anos. A Biomassa total foi estimada segundo Alves et al. (1997) e Cairns et al. (1997). Para o sistema com 0 ano foi considerada, devido às dificuldades metodológicas de mensuração, 10% da biomassa total do sistema com 7 anos.

(2) As análises microbiológicas, respiração edáfica e biomassa microbiana, foram realizadas pelo Laboratório de Microbiologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar). As coletas de amostras foram realizadas com auxílio de uma pá (Figura 15) na camada superficial do solo (0,10 m) abaixo da serapilheira. Todas as amostras foram coletas e encaminhadas ao laboratório no período de 24 horas; foram acondicionadas em sacos plásticos com abertura para respiração.

FIGURA 15. Coleta das amostras de solo para análise microbiológica. No detalhe a camada superficial do solo abaixo da serapilheira (Foto: Thiago J Roncon).

(3-16) As amostras, para as análises químicas, foram coletadas com auxilio de uma sonda (Figura 16 e 17) em quatro profundidades (de 0,0 – 0,5 m, de 0,5 – 0,1 m, de 0,1 – 0,2 m e de 0,2 – 0,4 m) em 20 pontos ao longo do transecto, compondo um amostra composta de cada perfil do solo. Estas análises de Matéria Orgânica (MO), (Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Hidrogênio (H), Alumínio (Al), Enxofre (S), Boro (B), Cobre

(Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), foram realizadas pelo Laboratório de Fertilidade de Solos do CCA/UFSCar. O Nitrogênio fixado no solo foi calculado a partir dos valores de MO de acordo com a equação de Raij (1991) e o H foi calculado a partir dos resultados do Al+H, obtido nas análises químicas de solo.

FIGURA 16. Coleta das amostras de solo com a sonda. No detalhe, a camada superficial do solo abaixo da serapilheira (Foto: Thiago J Roncon).

FIGURA 17. Amostra coletada com a sonda. No detalhe, a embalagem plástica de identificação para acondicionar a amostra (Foto: Thiago J Roncon).

(17) A energia da Estrutura do Solo foi calculada a partir dos conceitos de Cohen (2003), valor da *diferença entre os centros de gravidade* do solo calculados na Figura 18, e as análises físicas de solo (Densidade do Solo, Densidade da Partícula, Porosidade e Textura) realizadas pelo Laboratório de Física do Solo do CCA/UFSCar. Foram coletadas três amostras ao longo do transecto, feito para a coleta de solos, com auxílio de um anel volumétrico de 50 cm^3 (Figura 19) em três profundidades, de 0,0 – 0,03 m, de 0,1 – 0,13 m e de 0,3 – 0,33 m.

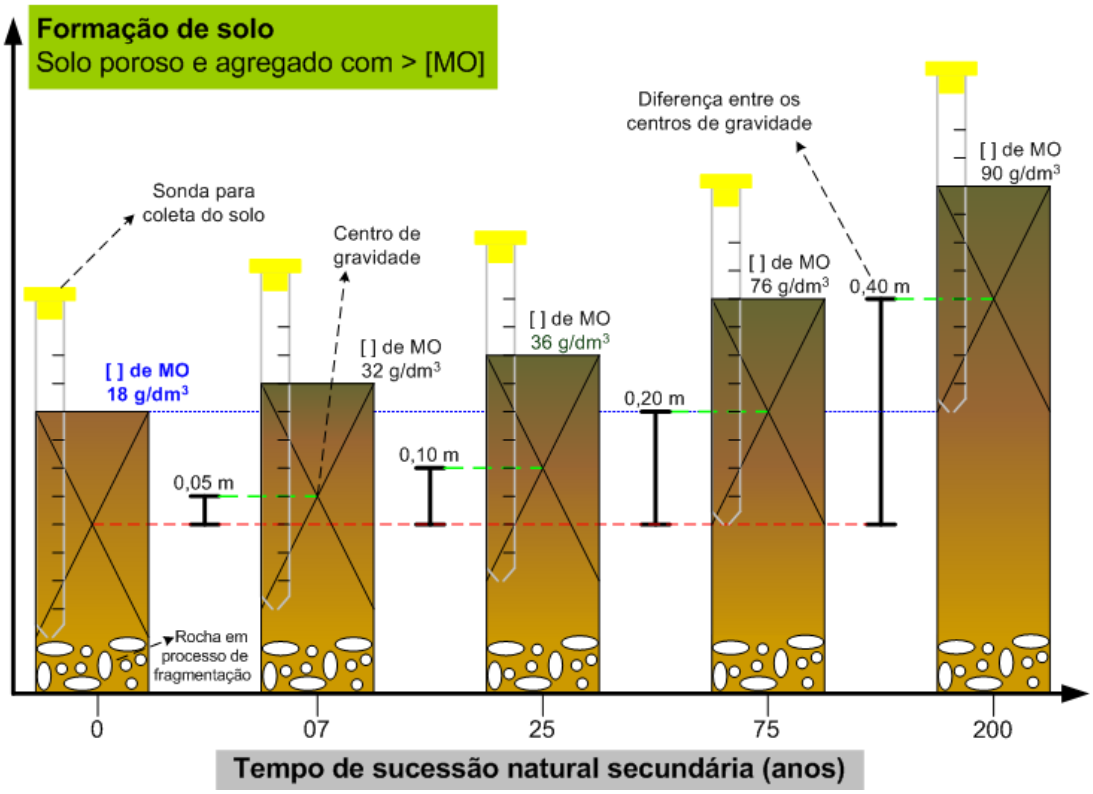

Figura 18. Ilustração esquemática do processo de formação de solo em função do tempo de sucessão dos sistemas estudados, ilustração feita para este estudo para calcular a diferença entre os centros de gravidade (Elaborada por: Thiago J. Roncon).

Em todos os perfis do solo da Figura 18, a sonda está em uma profundidade de 0,4 m, definida pela logística financeira do estudo; a intersecção do X feito em linhas finas e pretas no perfil do solo indica o Centro de Gravidade (CG) do solo analisado em cada sistema; a linha tracejada em vermelho indica o CG do ano 0, tido como referência para o cálculo entre os

demais centros de gravidade demarcados com a linha tracejada em verde claro.

FIGURA 19. Coleta das amostras de solo com anel volumétrico (Foto: Thiago J Roncon).

Os Fluxos Internos correspondem a 13 variáveis de massa e energia, que fluem dentro das áreas de estudo. A seguir, é feita a descrição destas variáveis:

(1) A Produtividade Primária Líquida (PPL) foi calculada a partir da Interpolação dos dados do estoque de biomassa verde mensurados em campo.

(2) A taxa (kg/ha.ano) de deposição da Biomassa de Serapilheira foi obtida na literatura (PEZZATTO e WISNEWSKI, 2006) e considerada para os sistemas de estudo. A área de ano 0 não apresenta serapilheira por ser uma pastagem utilizada no produção de “tapetes de grama”. Em função disso foram feitas considerações quanto a este valor (ver Anexo 1).

(3-13) Os valores de nutrientes totais (kg de nutrientes/kg de serapilheira por ano) da serapilheira acumulada sobre o solo foram estimados a partir do trabalho de Vogel e Schumacher (2010). A área de 0 ano não possui serapilheira nem os nutrientes da serapilheira.

As seis variáveis, que correspondem aos Fluxos de Saída das áreas de estudo, são descrita a seguir:

(1-3) Os fluxos de água, Percolação, Escoamento Superficial e Sub-superficial, foram estimados a partir dos dados obtidos na literatura (FUJIEDA et al.,1997) e dos dados de porosidade calculados para os sistemas do estudo.

(4) O Afloramento de Água nas nascentes foi medido nos sistemas com 25 e 75 anos, com auxílio de um cronômetro digital e um recipiente com escala volumétrica.

(5) Foi considerada uma variação de temperatura de 10º C, assumida para as áreas do estudo. O volume de ar resfriado foi calculado na área de um hectare multiplicado pela altura média das copas das árvores (Figura 20) de cada sistema do estudo; esta altura média foi obtida na literatura (LORENZI, 2002).

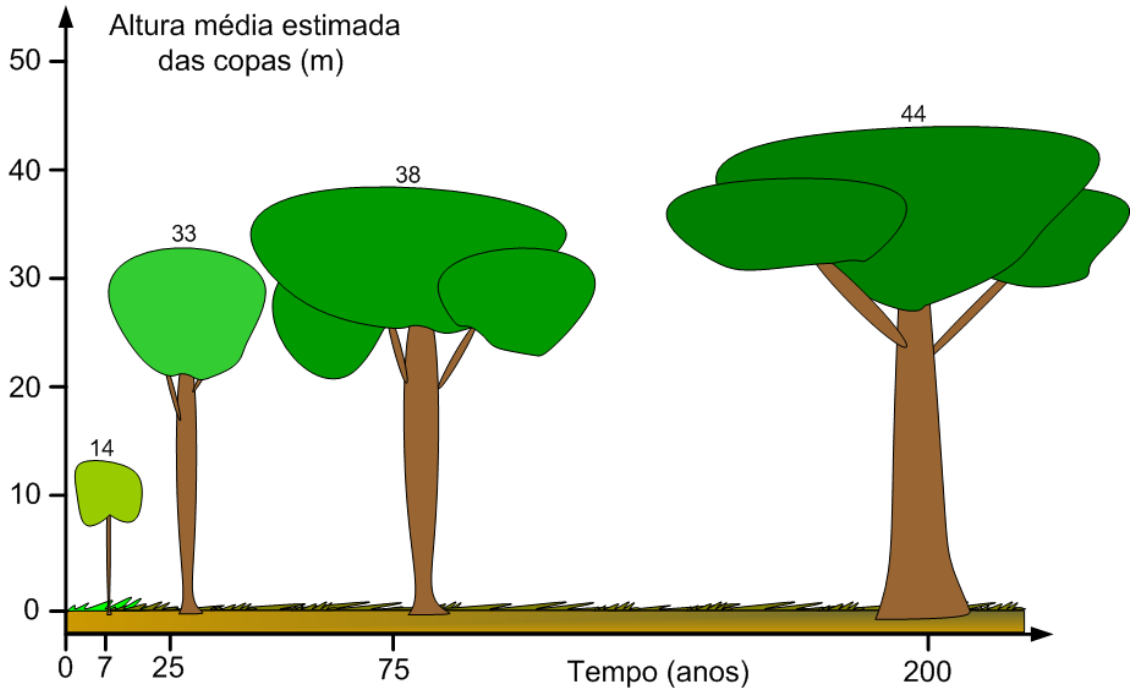

Figura 20. Ilustração, em escala, da altura média das copas das árvores dos sistemas estudados (Elaborada por: Thiago J. Roncon).

(6) A Erosão do Solo foi estimada para os sistemas do estudo a partir dos dados de Fearnside et al. (1986), levando em consideração o volume de serapilheira medido nas áreas de estudo com auxílio de uma régua.

As 55 variáveis descritas acima foram calculadas, estimadas, convertidas e analisadas para cada área do estudo; a *dimensão do espaço* de cada sistema empregada nos cálculos se refere a uma área de 10.000 m^2 (um hectare), altura média das copas das árvores em cada estágio de desenvolvimento analisado (obtida na literatura) e uma profundidade no solo de 0,4 m de cada área.

A *dimensão tempo* está relacionada com os Fluxos de Entrada, Internos e de Saída das áreas. Assim os cálculos foram elaborados de forma a representar o movimento (fluxo) de massa ou energia do sistema em um ano (365 dias). Já os Estoques de cada área são formados pelos fluxos anuais que entram e fixam no sistema, como por exemplo, o Carbono da atmosfera que entra no sistema e é fixado na vegetação pelo processo de fotossíntese.

Para realizar a análise dos dados, de maneira geral, foi utilizado o Software Microsoft Office Excel 2007 e o Programa Origin 6.0. Os principais cálculos foram sistematizados e descritos no ANEXO 1 denominado Memorial de Cálculo, onde também são dadas mais informações sobre cada variável.

3.3 AVALIAÇÃO EMERGÉTICA

As 55 variáveis coletadas e analisadas foram empregadas na Avaliação Emergética descrita por Odum (1996; 2000a e 2000b), Tilley (1999), Cohen (2003) e Ortega (2010). A Avaliação Emergética foi desenvolvida em uma seqüência de duas etapas descritas a seguir:

1ª Etapa: Construção de Diagramas Sistêmicos

Os diagramas sistêmicos representam cada área como um sistema do estudo de acordo com a metodologia descrita por Odum (1996), chamada de Linguagem dos Sistemas. Toda linguagem possui símbolos e os agrupa de maneira a expressar o sentido do sistema analisado. Desta maneira, seguem os símbolos (Figura 21) utilizados nos diagramas deste trabalho:

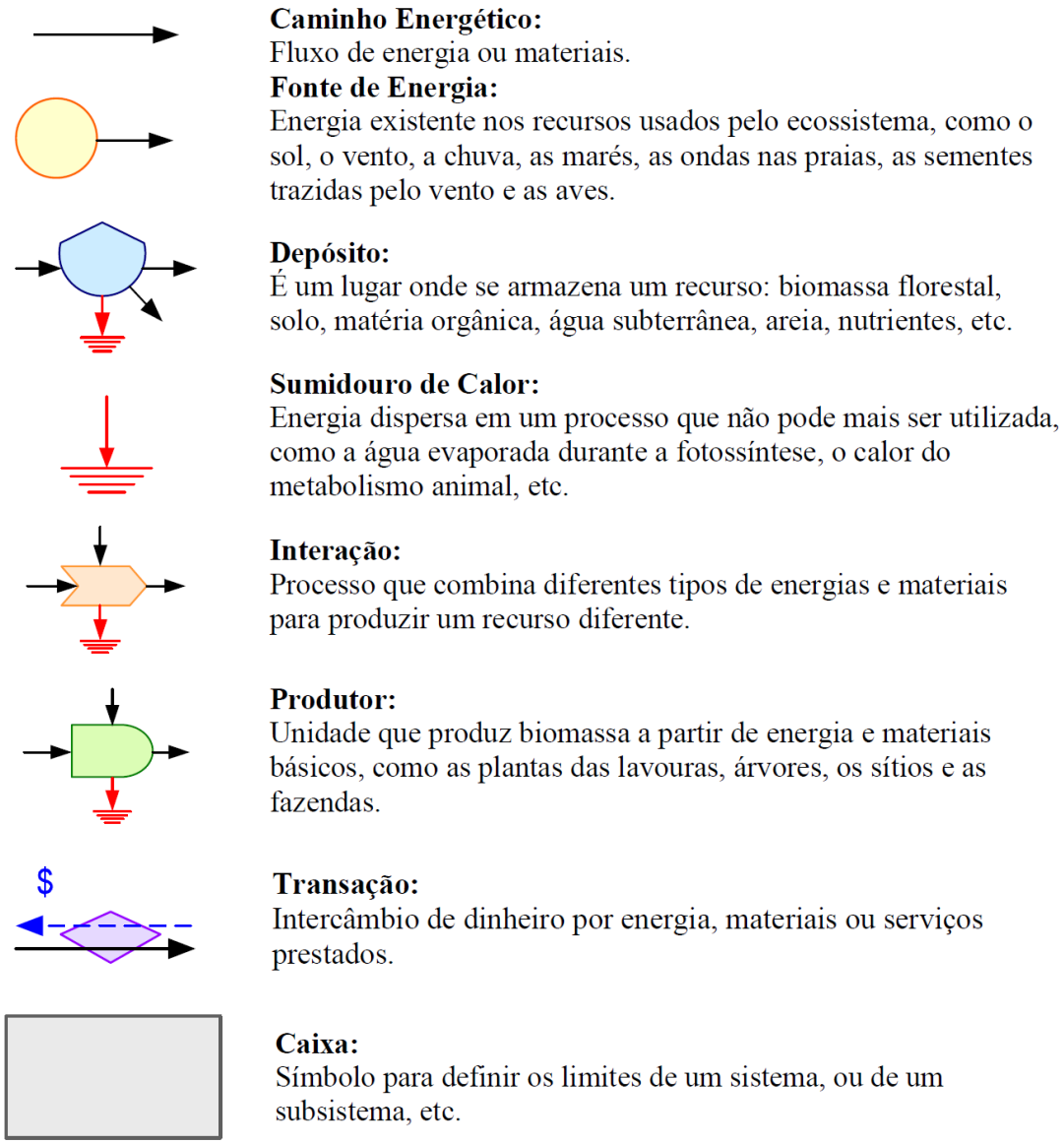

Figura 21. Símbolos da Linguagem dos Sistemas empregadas neste estudo, de acordo com Odum (1996) (Figura extraída da Cartilha do LEIA Modulo 1, site: http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/modulo1.pdf)

Os diagramas colocam em perspectiva o sistema de interesse e organizam a relação entre os dados coletados. O processo de diagramar o sistema de interesse nesta abordagem assegura a inclusão de todos os fluxos, interações e estoques, de massa e de energia, identificadas nos sistemas do estudo. Foram elaborados seis diagramas: um Diagrama Sucessional com os cinco sistemas da região estudada e cinco Diagramas Funcionais, que detalham cada sistema do estudo. Os diagramas incluem apenas recursos

naturais renováveis, já que os ambientes estudados se encontram em processo de sucessão natural secundária, onde nenhuma ação antrópica é dedicada para catalisar esse processo.

Muitos sistemas florestais já foram diagramados e publicados em literatura científica. A grande maioria dos diagramas encontrados nestas literaturas se refere ao funcionamento de florestas temperadas, mas os diagramas desenhados neste estudo apresentam inovações. São desenhados detalhes, como a deposição de serapilheira, o resfriamento do ar, a formação e enriquecimento nutricional e estrutural do solo, o fluxo de riqueza vegetal, o processo de evapotranspiração, referentes ao ecossistema de floresta tropical. Para fazer os diagramas foi utilizado o Software Microsoft Office Visio 2003.

2ª Etapa: Tabelas de Avaliação emergética

A avaliação é conduzida usando uma Tabela de Avaliação Emergética com oito colunas (Tabela 4):

TABELA. 4. Cabeçalho das tabelas de avaliação emergética com oito colunas.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (Em$/uni.)**

Segue abaixo a descrição das colunas presentes no cabeçalho das tabelas de avaliação emergética:

1. É indicado o número da linha e anotação da respectiva variável (item) analisada;
2. É indicado o nome do item correspondente;
3. É indicado o valor (unidade numérica ou científica) das variáveis que foram calculadas (resultado da análise da coleta de dados);
4. São indicadas as unidades usadas na quantificação dos fluxos ou estoques; neste trabalho os fluxos foram avaliados em quilogramas (kg) ou joules (J) por hectare por ano (kg/ha.ano ou J/ha.ano);
5. É indicado o valor da transformidade (Tr) do item, normalmente derivado de estudos anteriores, mas este estudo utilizou 18

transformidades obtidas na literatura e apresenta o cálculo de 283 novas transformidades, apresentadas no Anexo 1;

6. É indicado por um número que remete à referência das transformidades. O número pode remeter o leitor para uma referência da literatura ou para um cálculo específico do Anexo 1. As trasformidades foram calculadas neste estudo pela alocação da emergia solar.

7. É indicado o valor da Emergia Solar (resultado da avaliação emergética), que se refere ao produto das unidades na Coluna 3 multiplicados pela sua respectiva transformidade na Coluna 5; Estes valores permeiam os sistemas (fluxos internos) e foram alocados proporcionalmente aos valores mássicos e energéticos destes fluxos (Anexo 1).

8. É indicado o resultado da valoração econômica deste estudo, obtido pela divisão da Emergia Solar na Coluna 7 pela razão emergia/dinheiro. Esta razão foi calculada independentemente das Tabelas de Avaliação. O valor monetário obtido através da relação **Em**ergia/dinheiro (**Em**Dólar/**EmUS**$ ou **Em**Reais/**Em**R$), foi estimado neste estudo para o ano de 2010 em 2,89E12 seJ para cada dólar do Produto Nacional Bruto (PNB), a partir de dados de Coelho et al. (2003) e Agostinho (2005).

O foco deste estudo é o resultado da coluna 8, a qual apresenta o valor monetário dos bens, serviços e danos ambientais das Áreas de Preservação Permanente estudadas.

A Avaliação Emergética desenvolvida neste trabalho foi programada, ordenadamente, em uma planilha do Software Microsoft Office Excel 2007, descrita no Anexo 1 deste estudo, denominada MODELO LEIA 0-200 Versão 19-17-13-06.

3.4 IDENTIFICAÇÃO DOS BENS AMBIENTAIS E DAS FUNÇÕES OU SERVIÇOS AMBIENTAIS

A identificação dos Bens e Serviços Ambientais foi feita levando-se em conta os conceitos que norteiam este trabalho, interpretando-se respectivamente os *estoques* e *fluxos* como *bens* e *serviços* ambientais, respectivamente. Já os danos ambientais, correspondem à perda dos bens ambientais que geram fluxos prejudiciais ao agroecossistema ou ecossistema vizinho.

3.5 DESCRIÇÃO DO ANEXO 1

No Anexo 1 é publicado o Memorial de Cálculo do Software com o MODELO LEIA 0-200 Versão 19-17-13-06, uma “ferramenta” desenvolvida durante e para este estudo. Este modelo é aplicado para se fazer a avaliação e valoração emergética dos bens, serviços e danos ambientais em fragmentos florestais que se encontram em diferentes fases de desenvolvimento sucessional.

O modelo foi construído a partir dos conceitos da Avaliação Emergética (ODUM, 1996), Modelagem de Sistemas (ODUM e ODUM, 2000), Sucessão Natural Secundária de Florestas (ODUM, 1998) e Sucessão Natural Secundária de Florestas Tropicais (PUIG, 2008), e os diagramas detalhados de cada sistema do estudo serviram de base para a formulação das equações do modelo.

Aproveitando a oportunidade de denominar um produto do trabalho, o modelo foi nomeado “LEIA” em homenagem ao Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada (LEIA) que apoiou integralmente o desenvolvimento deste estudo.

A numeração “0-200” se refere à dimensão do tempo, de sucessão natural secundária, que norteou, pelas variáveis estudadas, a construção do modelo. A numeração da “Versão” do modelo, “19-17-13-06”, se refere às 55 variáveis empregadas e valoradas no modelo, descriminadas como 19 fluxos de entrada, 17 estoques internos, 13 fluxos internos e 6 fluxos de saída.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DIAGRAMA SUCESSIONAL

O Diagrama Sucessional (Figura 22) representa o processo de sucessão natural secundária dos sistemas do estudo localizados em uma mesma região. São apenas representados os recursos naturais renováveis que entram nos sistemas porque o processo de sucessão é naturalmente renovável.

O sistema inicial com 0 ano, é manejado pelo produtor rural com a finalidade de produzir tapetes de grama. Desta maneira, o sistema é mantido em condição perturbada em fase de sucessão inicial; com o impedimento antrópico do aumento da diversidade e das estruturas responsáveis pela captação de novos recursos genéticos e minerais, fundamentais para a manutenção do processo de sucessão natural secundária.

Com a manutenção do processo de produção de biomassa com a fixação de carbono, a qual é retirada temporalmente para comercialização do tapete de grama, este sistema fica sujeito a processos erosivos, o que diminui o potencial de regeneração do sistema.

Os demais sistemas apresentam estoques com formação de estruturas e processos que permitem a captação de recursos naturais externos. Esta captação aumenta os estoques (retroalimentação) em função do tempo de sucessão e tal função permite que os fluxos ocorram com maior ou menor intensidade, embora com mais qualidade.

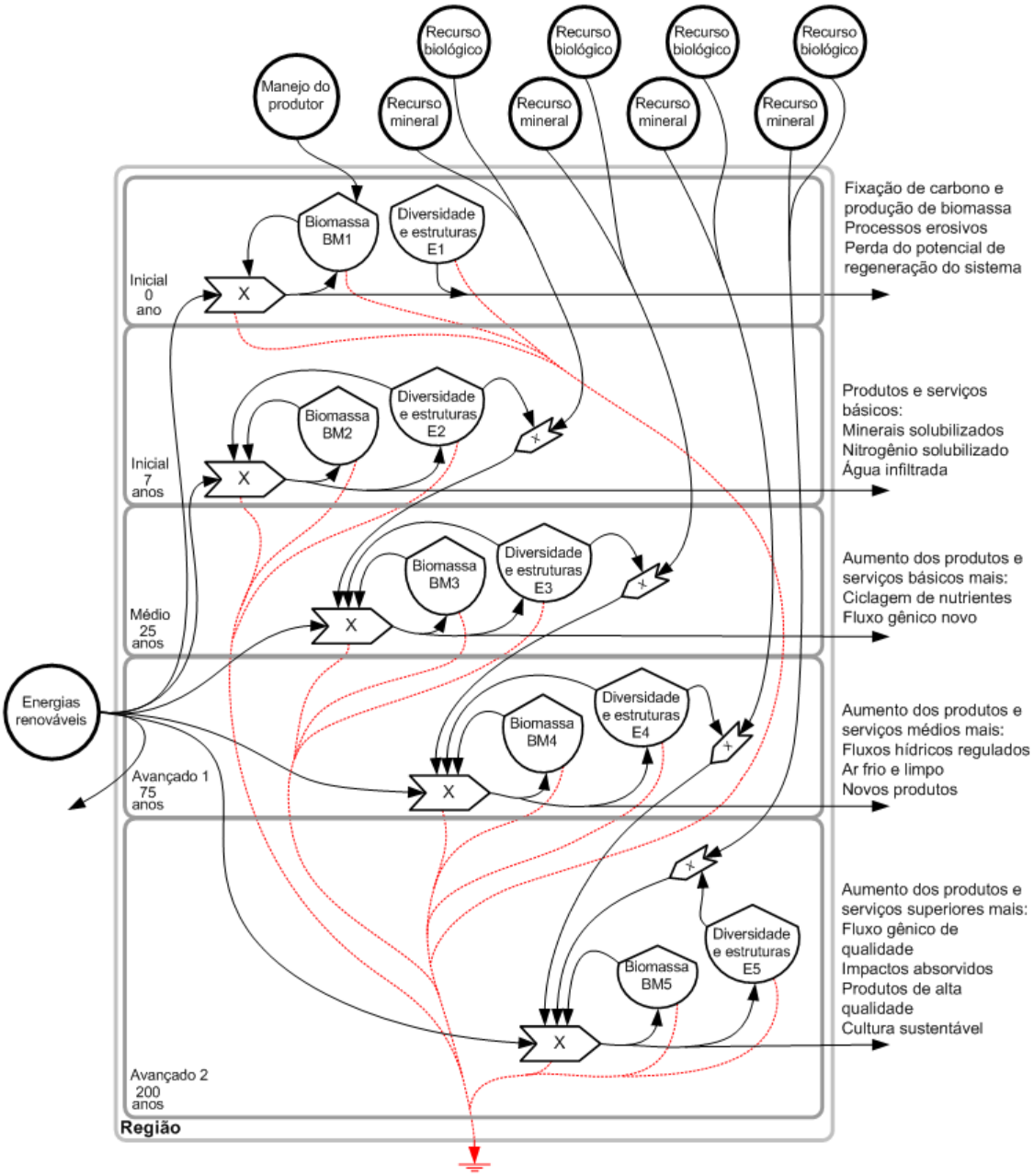

FIGURA 22. Diagrama Sucessional que ilustra dinâmica das Áreas de Preservação Permanente (APP) durante o processo de sucessão natural secundária e, de forma genérica, os serviços ambientais de cada área. Siglas e abreviações: BM1 – estoque de biomassa com 0 ano; E1 – Diversidade de espécies e estruturas com 0 ano; BM2 – estoque de biomassa com 7 anos; E2 – Diversidade de espécies e estruturas com 7 anos; BM3 – estoque de biomassa com 25 anos; E3 – Diversidade de espécies e estruturas com 25 anos; BM4 – estoque de biomassa com 75 anos; E4 – Diversidade de espécies e estruturas com 75 anos; BM5 – estoque de biomassa com 200 anos; E5 – Diversidade de espécies e estruturas com 200 anos; o X representa uma interação positiva entre dois ou mais fluxos no sistema.

4.2 DESCRIÇÃO GENÉRICA DOS DIAGRAMAS FUNCIONAIS

A cobertura vegetal do sistema, sustentada no solo, recebe os principais fluxos de entrada de massa e energia potencial que chegam do espaço, atmosfera, litosfera e hidrosfera:

A energia do sol: energia luminosa e térmica, que incide e atua em diferentes processos e sistemas do planeta Terra, principalmente na fotossíntese.

A energia da chuva: potencial químico representado pela capacidade da água em realizar trabalho ao solubilizar e veicular nutrientes entre os sistemas favorecendo o desenvolvimento da biota e a manutenção das qualidades físicas e químicas do solo.

A energia do vento: sua energia potencial é interceptada pela cobertura vegetal (exceto no sistema com 0 ano) diminuindo a perda de água do solo e atuando na formação do solo. Em conjunto com a temperatura, realiza o trabalho de movimento das massas de ar, água e nutrientes para dentro e fora do sistema, atuando nos processos ecológicos de deslocamento e dispersão de pólen e sementes.

Os nutrientes do subsolo: entram no sistema quando solubilizados pela água e/ou disponibilizados pela biota e absorvidos pelas raízes profundas das árvores dos sistemas.

Os processos geológicos: atuaram e atuam em conjunto com as intempéries sobre a formação geológica que possibilita a manutenção dos fluxos de energia no processo, entre outros, de percolação e afloramento da água.

Água do lençol freático: chega ao sistema que possui condições geológicas para o afloramento de água em nascentes, umidificando, ao escorrer superficialmente, até sair do sistema.

Riqueza: a dinâmica do processo de sucessão ecológica está relacionada com o aumento da riqueza de espécies vegetais e da biodiversidade total do sistema; novos indivíduos podem entrar no sistema, dependendo dos processos ecológicos, migração, recrutamento e seleção,

entre outros, bem como dos fatores limitantes do sistema. Esta riqueza é responsável pelo aumento, manutenção e aumento da resiliência dos sistemas.

A cobertura vegetal representa os produtores da cadeia trófica que realizam o processo de fotossíntese (Produtividade Primária Bruta - PPB) impulsionado pela energia solar combinada com a água e nutrientes do solo superficial e profundo e as trocas gasosas (O_2 e CO_2), formando um estoque de biomassa verde (Produtividade Primária Líquida - PPL).

A estrutura da cobertura vegetal oferece uma barreira física para os raios solares, água da chuva, lixiviação e vento que chegam ao sistema APP e também atua na manutenção dos estoques internos, minimizando os processos erosivos.

No solo, o desenvolvimento das raízes junto com o aporte de matéria orgânica modifica sua estrutura física, qualidade química e biológica, no processo de formação de solo.

A matéria orgânica decorrente de restos vegetais e animais que é depositada no solo, durante o desenvolvimento do estoque de biomassa, é associada aos nutrientes trazidos com a lixiviação e o vento e é decomposta em um processo de humificação e ciclagem e manutenção de nutrientes pela micro e macro biota do solo que atuam na disponibilização (solubilização) de nutrientes para as plantas.

A chuva quando entra no sistema é interceptada pela vegetação onde parte da água já é evaporada e a parte que atinge o solo deste sistema escorre superficialmente e subsuperficialmente pelo solo chegando até aos córregos. A outra porção percola atingindo o lençol freático, o qual aflora na nascente de água, percorre e sai do sistema.

A água evaporada do sistema em conjunto com aquela transpirada pela cobertura vegetal forma a evapotranspiração, processo que contribui para a formação das nuvens, que ao se condensar deságua no próprio sistema ou, pela energia do vento e temperatura, sai do sistema, desaguando em outro local, contribuindo para a manutenção do ciclo hidrológico.

A respiração total indica a quantidade de dióxido de carbono que não foi fixado durante o processo de fotossíntese, liberado para a atmosfera e que

pode ser reutilizado pelo próprio sistema ou sair do mesmo, pela ação do vento, onde será utilizado em outro sistema.

Durante o desenvolvimento da cobertura vegetal o solo fica sombreado e coberto devido ao aporte de serrapilheira. O microclima e a aeração emergente favorecem a ciclagem de nutrientes e o processo de metanotrofia que contribui para a redução do gás metano presente na atmosfera, pela oxidação do metano em CO_2 e H_2O.

Os sistemas se auto-organizam criando laços de retro-alimentação (feedback) e estruturas para aproveitar a energia disponível e realizar trabalho sistêmico, onde todos os produtos resultantes dos processos se convergem e formam um estoque de estruturas, organizações e processos ecossistêmicos que fornecem o feedback para o próprio sistema e região. Parte da energia liberada nos processos é de baixa intensidade (calor) e não pode ser reaproveitada e sai do sistema como energia degradada.

Nos sub-tópicos a seguir, serão apresentadas as Figuras (23, 24, 25, 26 e 27) e os detalhamentos que representam e descrevem, respectivamente, os Diagramas Funcionais de cada sistema do estudo. Estes diagramas guiaram a elaboração das equações do Software LEIA 0-200 Versão 19-17-13-06.

4.3 SISTEMA DE ESTUDO COM 0 ANO

A dinâmica deste sistema (Figura 23) pode ser entendida como sua incapacidade de gerar grandes estoques em função do tempo, pois a biomassa é retirada constantemente visando sua comercialização de biomassa (tapete/mudas de grama). Desta maneira parte do solo fica com pouca cobertura (Figura 14) e a pouca cobertura vegetal morta é perdida junto com a camada superficial do solo no processo de erosão, causado pelo escoamento superficial de água.

Presume-se, que a energia cinética da chuva, que foi apenas indicada neste estudo, combinada com o vento, atinge diretamente o solo intensificando o fluxo de escoamento superficial e prejudicando o sistema. Este processo não é observado nos outros sistemas que possuem cobertura vegetal, onde se presume que a energia cinética é aproveitada pelo sistema, ao ser barrada pela

copa da vegetação; por exemplo, em um processo de “limpeza” da vegetação, ao tirar poeiras e resíduos das folhas, otimizando a fotossíntese.

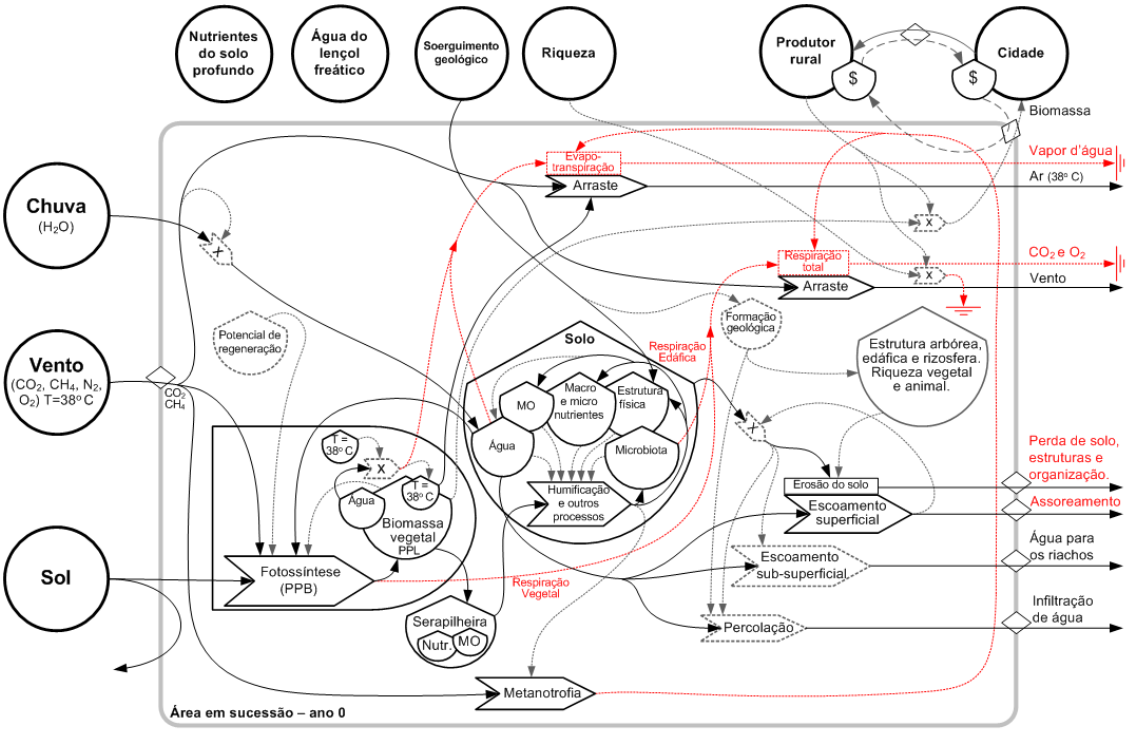

FIGURA 23. Diagrama Funcional que representa as estruturas, componentes, processos e interações no sistema com 0 ano. Siglas e abreviações: PPB – Produtividade Primária Bruta; PPL – Produtividade Primária Líquida; x – Interação; Nutri. – Nutrientes; MO – Matéria Orgânica; T – Temperatura; As setas pontilhadas na cor cinza representam a importância do fluxo, mas não foram quantificadas por dificuldades metodológicas.

A rizosfera deste sistema é pobre e superficial, pois o sistema só possui um componente vegetal e não possui árvores com raízes profundas que acessam os nutrientes do solo profundo. A água do lençol freático não entra no sistema, pois o mesmo não apresenta nascentes de água. A intervenção antrópica impede o aumento da riqueza do sistema, bem como o desenvolvimento do estoque de estrutura arbórea, edáfica e da rizosfera. A Tabela 5 contém os resultados dos fluxos de entrada do sistema com 0 ano.

A Emergia da chuva e de outras variáveis apresentadas na seqüência do estudo foram calculadas em diferentes unidades de medida para demonstrar que, independente da unidade mássica ou energética, seu valor emergético é o

mesmo, e para servir de referência para novos estudos que poderão optar em trabalhar com apenas uma unidade de cada variável. Acredita-se que o potencial cinético da chuva seja importante para avaliações como esta, pois atua na limpeza das copas das árvores. Mas devido às dificuldades metodológicas de mensurar sua transformidade, este potencial não foi aplicado neste estudo.

TABELA 5. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de entrada do sistema com 0 ano

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Entrada							
1	Sol	4,8E+13	J/ha.ano	1	*1*	4,8E+13	$16,45
2	Chuva (química)	1,4E+07	kg/ha.ano	1,5E+08	*2*	2,1E+15	$740,77
	Chuva (química)	7,0E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*3*	2,1E+15	$740,77
	Chuva (cinética)	8,1E+08	J/ha.ano	0		0,0E+00	$0,00
3	Vento	1,1E+11	J/ha.ano	2,5E+03	*4*	2,7E+14	$91,93
4	Soerguimento geológico	4,5E+10	J/ha.ano	1,2E+04	*5*	5,4E+14	$186,49
5	Água (lençol freático para nascente)	0,0	kg/ha.ano	2,4E+05	*6*	0,0E+00	$0,00
6	CO_2 (atmosfera)	31.896,2	kg/ha.ano	1,0E+11	*7*	3,3E+15	$1.147,82
7	CH_4 (atmosfera)	1,5	kg/ha.ano	4,4E+04	*8*	6,4E+04	$0,00
8	O_2 (da atmosfera para respiração)	2.746,4	kg/ha.ano	5,2E+07	*9*	1,4E+11	$0,05
	O_2 (da atmosfera para metanotrofia)	5,8	kg/ha.ano	5,2E+07	*9*	3,0E+08	$0,00
9	N_2 (atmosfera)	20,5	kg/ha.ano	4,6E+12	*10*	9,5E+13	$32,70
10	P (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	1,8E+13	*11*	0,0E+00	$0,00
11	K (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	1,7E+12	*12*	0,0E+00	$0,00
12	Ca (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	2,5E+09	*13*	0,0E+00	$0,00
13	Mg (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	6,1E+09	*14*	0,0E+00	$0,00
14	S (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	2,7E+10	*15*	0,0E+00	$0,00
15	B (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	2,7E+10	*16*	0,0E+00	$0,00
16	Cu (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	9,8E+10	*17*	0,0E+00	$0,00
17	Fe (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	1,2E+10	*18*	0,0E+00	$0,00
18	Mn (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	3,5E+11	*19*	0,0E+00	$0,00
19	Zn (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	7,2E+10	*20*	0,0E+00	$0,00
					Σ	**6,4E+15**	**$2.216,21**

	Tr Ref.		Tr Ref.
1	Odum (2000)	*11*	site LEIA
2	Este trabalho	*12*	site LEIA
3	Odum (2000)	*13*	Cohen (2007)
4	Odum (2000)	*14*	Cohen (2007)
5	Odum (2000)	*15*	Cohen (2003)
6	Buenfil (2001)	*16*	Cohen (2003)
7	Ukidwe (2005)	*17*	Cohen (2007)
8	Bastianoni et al. (2009)	*18*	Cohen (2007)
9	Ulgiati e Tabacco (2001)	*19*	Cohen (2007)
10	site LEIA	*20*	Cohen (2007)

Tabela 5. Referência das transformidades (Tr Ref.) foram extraídos do Anexo 1.

Para evitar a dupla contagem, os valores das somatórias (Σ) só consideram um valor de cada variável, mesmo que esta apresente mais de uma unidade de medida. A Tabela 6, extraída do Anexo 1, contém os resultados dos estoques do sistema com 0 ano. As transformidades, da Ref. 21 em diante, foram calculadas no Anexo 1.

TABELA 6. Tabela de Avaliação Emergética dos estoques do sistema com 0 ano.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Estoque							
1	Biomassa verde (seca)	15.093,0	kg C/ha	2,1E+11	*21*	3,2E+15	$1.107,266
	Biomassa verde (seca)	33.540,0	kg/ha	9,5E+10	*22*	3,2E+15	$1.107,266
	Biomassa verde (seca)	1,1E+12	J/ha	3,0E+03	*23*	3,2E+15	$1.107,266
2	Biomassa microbiana	1,9E+09	J/ha	5,7E+04	*24*	1,1E+14	$38,062
	Biomassa microbiana	46,4	kg C/ha	2,4E+12	*25*	1,1E+14	$38,062
3	Matéria orgânica (solo)	6,3E+11	J/ha	1,5E+02	*26*	9,3E+13	$32,180
	Matéria orgânica (solo)	28.000,0	kg/ha	3,3E+09	*27*	9,3E+13	$32,180
4	N_2 (solo)	20,5	kg/ha.ano	1,6E+11	*28*	3,2E+12	$1,107
5	Fósforo (solúvel)	38,5	kg/ha	3,4E+09	*29*	1,3E+11	$0,045
6	Potássio (solúvel)	234,6	kg/ha	1,6E+09	*30*	3,7E+11	$0,128
7	Cálcio (solúvel)	621,2	kg/ha	4,7E+09	*31*	2,9E+12	$1,003
8	Magnésio (solúvel)	127,6	kg/ha	3,3E+09	*32*	4,2E+11	$0,145
9	Hidrogênio (solúvel)	126,4	kg/ha		*33*	0,0E+00	$0,000
10	Alumínio (solúvel)	189,3	kg/ha		*34*	0,0E+00	$0,000
11	Enxofre (solúvel)	20,0	kg/ha	1,1E+10	*35*	2,2E+11	$0,076
12	Boro (solúvel)	0,9	kg/ha	5,7E+09	*36*	5,0E+09	$0,002
13	Cobre (solúvel)	7,5	kg/ha	3,2E+08	*37*	2,4E+09	$0,001
14	Ferro (solúvel)	110,5	kg/ha	8,9E+08	*37*	9,8E+10	$0,034
15	Manganêz (solúvel)	377,0	kg/ha	4,0E+08	*39*	1,5E+11	$0,052
16	Zinco (solúvel)	1,7	kg/ha	4,1E+09	*40*	6,9E+09	$0,002
17	Estrutura do solo	0,0	J/ha	#DIV/0!	*41*	#DIV/0!	#DIV/0!
					Σ	**3,4E+15**	**$1.180,10**

A somatória das variáveis do estoque não incorporou os valores do hidrogênio e do alumínio (fonte cinza em todos os sistemas), que serão discutidos no sub-tópico ANÁLISE DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS. Algumas linhas das Tabelas de Avaliação apresentam a expressão "**#DIV/0!**", que indica o "erro" da divisão do valor "**0**" da variável, pela programação da planilha. Ao replicar este modelo em outros estudos, o usuário poderá alterar valor "**0**" da variável por um novo valor mensurado, que se for diferente de 0, corrigirá

automaticamente este “erro”. As Tabelas 7 e 8, extraídas do Anexo 1, contém os resultados dos fluxos internos e das saídas, respectivamente, do sistema com 0 ano.

TABELA 7. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos internos do sistema com 0 ano.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Fluxo interno							
1	Biomassa (PPL)	7.242	kg C/ha.ano	4,7E+11	*42*	3,4E+15	$1.185,12
	Biomassa (PPL)	16.094	kg/ha.ano	2,1E+11	*43*	3,4E+15	$1.185,12
	Biomassa (PPL)	5,2E+11	J/ha.ano	6,6E+03	*44*	3,4E+15	$1.185,12
2	Biomassa (serapilheira seca)	431,5	kg C/ha.ano	4,7E+11	*45*	2,0E+14	$70,62
	Biomassa (serapilheira seca)	959,0	kg/ha.ano	2,1E+11	*46*	2,0E+14	$70,62
	Biomassa (serapilheira seca)	3,1E+10	J/ha.ano	6,6E+03	*47*	2,0E+14	$70,62
3	Nitrogênio (serapilheira)	1,5E+01	kg/ha.ano	2,1E+11	*48*	3,2E+12	$1,11
4	Fósforo (serapilheira)	0,6	kg/ha.ano	2,1E+11	*49*	1,3E+11	$0,04
5	Potássio (serapilheira)	1,7	kg/ha.ano	2,1E+11	*50*	3,7E+11	$0,13
6	Cálcio (serapilheira)	13,6	kg/ha.ano	2,1E+11	*51*	2,9E+12	$1,00
7	Magnésio (serapilheira)	2,0	kg/ha.ano	2,1E+11	*52*	4,2E+11	$0,14
8	Enxofre (serapilheira)	1,0	kg/ha.ano	2,1E+11	*53*	2,1E+11	$0,07
9	Boro (serapilheira)	0,0	kg/ha.ano	2,1E+11	*54*	4,9E+09	$0,00
10	Cobre (serapilheira)	0,0	kg/ha.ano	2,1E+11	*55*	2,4E+09	$0,00
11	Ferro (serapilheira)	0,5	kg/ha.ano	2,1E+11	*56*	9,7E+10	$0,03
12	Manganêz (serapilheira)	0,7	kg/ha.ano	2,1E+11	*57*	1,5E+11	$0,05
13	Zinco (serapilheira)	0,0	kg/ha.ano	2,1E+11	*58*	6,8E+09	$0,00
					Σ	**3,6E+15**	**$1.257,22**

TABELA 8. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de saída do sistema com 0 ano.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Saída							
1	Escoamento (Superficial)	1,1E+07	kg/ha.ano	1,5E+08	*211*	1,6E+15	$569,88
	Escoamento (Superficial)	5,4E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*212*	1,6E+15	$569,88
2	Escoamento (Sub-superficial)	1,6E+06	kg/ha.ano	1,5E+08	*213*	2,5E+14	$84,97
	Escoamento (Sub-superficial)	8,0E+09	J/ha.ano	3,1E+04	*214*	2,5E+14	$84,97
3	Água percolada	1,6E+06	kg/ha.ano	1,5E+08	*215*	2,5E+14	$85,04
	Água percolada	8,1E+09	J/ha.ano	3,1E+04	*216*	2,5E+14	$85,04
4	Afloramento de água	0,0E+00	kg/ha.ano	#DIV/0!	*217*	#DIV/0!	#DIV/0!
	Afloramento de água	0,0E+00	J/ha.ano	#DIV/0!	*218*	#DIV/0!	#DIV/0!
5	Ar frio	0,0E+00	kg/ha.ano	#DIV/0!	*219*	#DIV/0!	#DIV/0!
	Ar frio	0,0E+00	J/ha.ano	#DIV/0!	*220*	#DIV/0!	#DIV/0!
6	Erosão do solo	7,7E+04	kg/ha.ano	7,2E+11	*221*	5,5E+16	$19.201,73
	Erosão do solo	1,5E+12	J/ha.ano	3,6E+04	*222*	5,5E+16	$19.201,73
					Σ	**5,8E+16**	**$19.941,62**

O processo de erosão neste sistema é intenso e visto como prejudicial ao sistema; nos demais sistemas este processo é reduzido. Esta e outras variáveis serão discutidas no sub-tópico ANÁLISE DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS.

4.4 SISTEMA DE ESTUDO COM 7 ANOS

A dinâmica deste sistema (Figura 24) pode ser entendida como sua capacidade de realizar trabalho na formação de estoques e prestar serviços ambientais em função do tempo de sucessão.

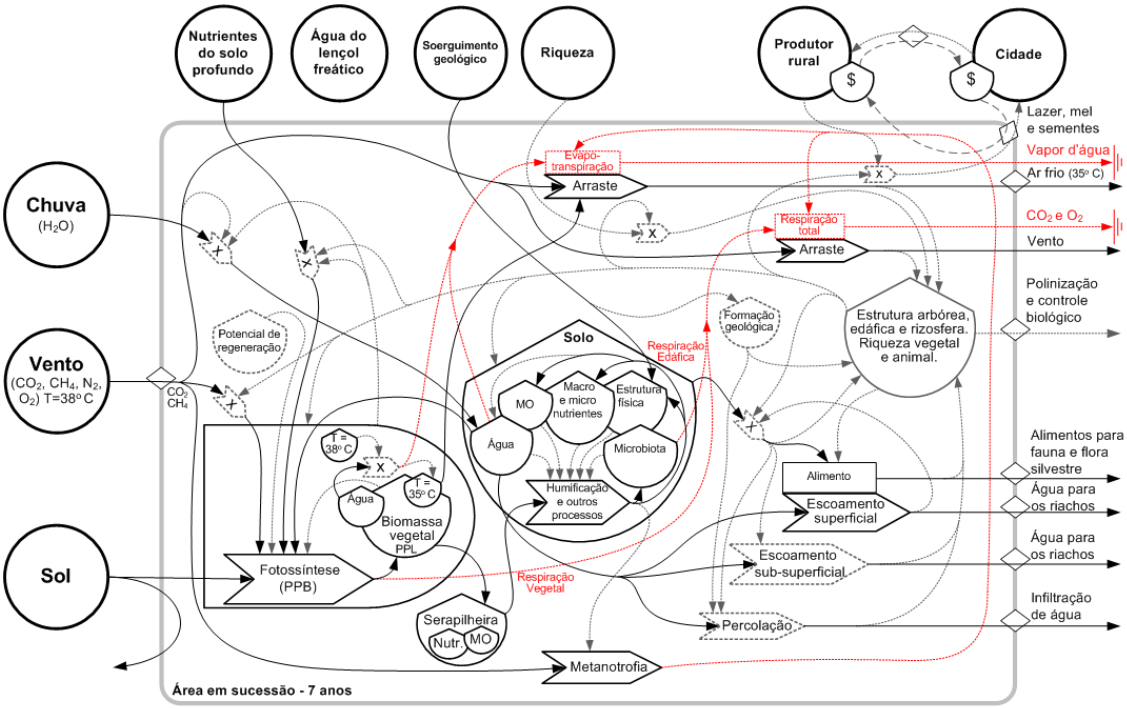

FIGURA 24. Diagrama Funcional que representa as estruturas, componentes, processos e interações no sistema com 7 anos. Siglas e abreviações: PPB – Produtividade Primária Bruta; PPL – Produtividade Primária Líquida; x – Interação; Nutri. – Nutrientes; MO – Matéria Orgânica; T – Temperatura; As setas pontilhadas na cor cinza representam a importância do fluxo, mas não foram quantificadas por dificuldades metodológicas.

A biomassa vegetal deste sistema aumenta, com o crescimento das árvores, ao longo do tempo de sucessão natural secundária. Desta maneira, a copa das árvores recebe a chuva que entra nos sistema e o solo é enriquecido pela constante deposição de serapilheira, intensificando o processo de percolação e reduzindo os processos de escoamento superficial e o processo

de erosão causado por este escoamento. As raízes das árvores deste sistema, e dos demais sistemas descritos a seguir, absorvem os nutrientes do solo profundo. O aporte de riqueza vegetal não é impedido pelo produtor rural, contribuindo, ao entrar no sistema pelos processos de dispersão e migração, para o aumento da diversidade, estrutura arbórea e riqueza de espécies.

O trabalho dos sistemas florestais, durante o processo de sucessão natural secundária, é analisado a partir deste sistema. As tabelas 9, 10, 11 e 12 (extraídas do Anexo 1) contêm os valores destas variáveis.

TABELA 9. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de entrada do sistema com 7 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Entrada							
1	Sol	4,9E+13	J/ha.ano	1	*1*	4,9E+13	$16,85
2	Chuva (química)	1,4E+07	kg/ha.ano	1,5E+08	*2*	2,1E+15	$740,77
	Chuva (química)	7,0E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*3*	2,1E+15	$740,77
	Chuva (cinética)	8,1E+08	J/ha.ano	0		0,0E+00	$0,00
3	Vento	1,1E+11	J/ha.ano	2,5E+03	*4*	2,7E+14	$91,93
4	Soerguimento geológico	4,5E+10	J/ha.ano	1,2E+04	*5*	5,4E+14	$186,49
5	Água (lençol freático para nascente)	0,0	kg/ha.ano	2,4E+05	*6*	0,0E+00	$0,00
6	CO_2 (atmosfera)	46.252,8	kg/ha.ano	1,0E+11	*7*	4,8E+15	$1.664,46
7	CH_4 (atmosfera)	14,7	kg/ha.ano	4,4E+04	*8*	6,4E+05	$0,00
8	O_2 (da atmosfera para respiração)	2.837,4	kg/ha.ano	5,2E+07	*9*	1,5E+11	$0,05
	O_2 (da atmosfera para metanotrofia)	58,5	kg/ha.ano	5,2E+07	*9*	3,0E+09	$0,00
9	N_2 (atmosfera)	192,9	kg/ha.ano	4,6E+12	*10*	8,9E+14	$307,02
10	P (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	1,8E+13	*11*	1,1E+12	$0,37
11	K (sub-solo)	0,2	kg/ha.ano	1,7E+12	*12*	3,0E+11	$0,11
12	Ca (sub-solo)	1,4	kg/ha.ano	2,5E+09	*13*	3,4E+09	$0,00
13	Mg (sub-solo)	0,2	kg/ha.ano	6,1E+09	*14*	1,2E+09	$0,00
14	S (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	2,7E+10	*15*	2,7E+09	$0,00
15	B (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	2,7E+10	*16*	6,2E+07	$0,00
16	Cu (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	9,8E+10	*17*	1,1E+08	$0,00
17	Fe (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	1,2E+10	*18*	5,5E+08	$0,00
18	Mn (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	3,5E+11	*19*	2,5E+10	$0,01
19	Zn (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	7,2E+10	*20*	2,3E+08	$0,00
					Σ	**8,7E+15**	**$3.008,05**

A partir deste sistema, a retroalimentação (não quantificada) amplifica as entradas, oferecendo manutenção ao sistema. O processo erosivo diminui e não é mais visto como um processo prejudicial ao sistema, mas como um processo de fornecimento de alimento para a biota dos ecossistemas vizinhos. Isto porque, apesar da baixa quantidade de solo, ele possui qualidade na sua composição.

TABELA 10. Tabela de Avaliação Emergética dos estoques do sistema com 7 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Estoque							
1	Biomassa verde (seca)	65.790,0	kg C/ha	3,6E+11	*59*	2,4E+16	$8.166,09
	Biomassa verde (seca)	146.200,0	kg/ha	1,6E+11	*60*	2,4E+16	$8.166,09
	Biomassa verde (seca)	4,7E+12	J/ha	5,0E+03	*61*	2,4E+16	$8.166,09
2	Biomassa microbiana	2,1E+09	J/ha	2,5E+06	*62*	5,2E+15	$1.813,15
	Biomassa microbiana	49,6	kg C/ha	1,1E+14	*63*	5,2E+15	$1.813,15
3	Matéria orgânica (solo)	1,2E+12	J/ha	3,5E+03	*64*	4,4E+15	$1.512,80
	Matéria orgânica (solo)	55.000,0	kg/ha	7,9E+10	*65*	4,4E+15	$1.512,80
4	N_2 (solo)	42,0	kg/ha.ano	3,6E+12	*66*	1,5E+14	$52,87
5	Fósforo (solúvel)	32,5	kg/ha	1,9E+11	*67*	6,1E+12	$2,12
6	Potássio (solúvel)	555,2	kg/ha	3,1E+10	*68*	1,7E+13	$6,05
7	Cálcio (solúvel)	1.272,5	kg/ha	1,1E+11	*69*	1,4E+14	$46,92
8	Magnésio (solúvel)	419,3	kg/ha	4,7E+10	*70*	2,0E+13	$6,81
9	Hidrogênio (solúvel)	84,7	kg/ha		*71*	0,0E+00	$0,00
10	Alumínio (solúvel)	121,4	kg/ha		*72*	0,0E+00	$0,00
11	Enxofre (solúvel)	12,0	kg/ha	8,4E+11	*73*	1,0E+13	$3,49
12	Boro (solúvel)	1,5	kg/ha	1,5E+11	*74*	2,3E+11	$0,08
13	Cobre (solúvel)	1,2	kg/ha	9,5E+10	*75*	1,1E+11	$0,04
14	Ferro (solúvel)	134,0	kg/ha	3,6E+10	*76*	4,8E+12	$1,66
15	Manganêz (solúvel)	140,5	kg/ha	5,0E+10	*77*	7,0E+12	$2,42
16	Zinco (solúvel)	2,2	kg/ha	1,5E+11	*78*	3,2E+11	$0,11
17	Estrutura do solo	2,8E+06	J/ha	1,3E+09	*79*	3,8E+15	$1.307,64
					Σ	**3,7E+16**	**$12.922,25**

TABELA 11. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos internos do sistema com 7 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Fluxo interno							
1	Biomassa (PPL)	7.242	kg C/ha.ano	5,1E+11	*80*	3,7E+15	$1.289,11
	Biomassa (PPL)	16.094	kg/ha.ano	2,3E+11	*81*	3,7E+15	$1.289,11
	Biomassa (PPL)	5,2E+11	J/ha.ano	7,2E+03	*82*	3,7E+15	$1.289,11
2	Biomassa (serapilheira seca)	4.315,5	kg C/ha.ano	5,1E+11	*83*	2,2E+15	$768,13
	Biomassa (serapilheira seca)	9.590,0	kg/ha.ano	2,3E+11	*84*	2,2E+15	$768,13
	Biomassa (serapilheira seca)	3,1E+11	J/ha.ano	7,2E+03	*85*	2,2E+15	$768,13
3	Nitrogênio (serapilheira)	1,5E+02	kg/ha.ano	2,3E+11	*86*	3,5E+13	$12,08
4	Fósforo (serapilheira)	6,0	kg/ha.ano	2,3E+11	*87*	1,4E+12	$0,48
5	Potássio (serapilheira)	17,5	kg/ha.ano	2,3E+11	*88*	4,0E+12	$1,40
6	Cálcio (serapilheira)	136,1	kg/ha.ano	2,3E+11	*89*	3,2E+13	$10,90
7	Magnésio (serapilheira)	19,7	kg/ha.ano	2,3E+11	*90*	4,6E+12	$1,57
8	Enxofre (serapilheira)	10,1	kg/ha.ano	2,3E+11	*91*	2,3E+12	$0,81
9	Boro (serapilheira)	0,2	kg/ha.ano	2,3E+11	*92*	5,3E+10	$0,02
10	Cobre (serapilheira)	0,1	kg/ha.ano	2,3E+11	*93*	2,6E+10	$0,01
11	Ferro (serapilheira)	4,5	kg/ha.ano	2,3E+11	*94*	1,1E+12	$0,36
12	Manganêz (serapilheira)	7,0	kg/ha.ano	2,3E+11	*95*	1,6E+12	$0,56
13	Zinco (serapilheira)	0,3	kg/ha.ano	2,3E+11	*96*	7,4E+10	$0,03
					Σ	**6,0E+15**	**$2.073**

TABELA 12. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de saída do sistema com 7 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Saída							
1	Escoamento (Superficial)	9,5E+06	kg/ha.ano	1,5E+08	*223*	1,4E+15	$494,07
	Escoamento (Superficial)	4,7E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*224*	1,4E+15	$494,07
2	Escoamento (Sub-superficial)	1,6E+06	kg/ha.ano	1,5E+08	*225*	2,5E+14	$84,97
	Escoamento (Sub-superficial)	8,0E+09	J/ha.ano	3,1E+04	*226*	2,5E+14	$84,97
3	Água percolada	3,1E+06	kg/ha.ano	1,5E+08	*227*	4,7E+14	$163,09
	Água percolada	1,5E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*228*	4,7E+14	$163,09
4	Afloramento de água	0,0E+00	kg/ha.ano	#DIV/0!	*229*	#DIV/0!	#DIV/0!
	Afloramento de água	0,0E+00	J/ha.ano	#DIV/0!	*230*	#DIV/0!	#DIV/0!
5	Ar frio	1,4E+02	kg/ha.ano	7,3E+11	*231*	1,0E+14	$35,42
	Ar frio	4,4E+04	J/ha.ano	2,3E+09	*232*	1,0E+14	$35,42
6	Erosão do solo	2,2E+03	kg/ha.ano	5,6E+11	*233*	1,2E+15	$430,30
	Erosão do solo	7,4E+10	J/ha.ano	1,7E+04	*234*	1,2E+15	$430,30
					Σ	**3,5E+15**	**$1.207,86**

4.5 SISTEMA DE ESTUDO COM 25 ANOS

Este sistema é representado pela Figura 25.

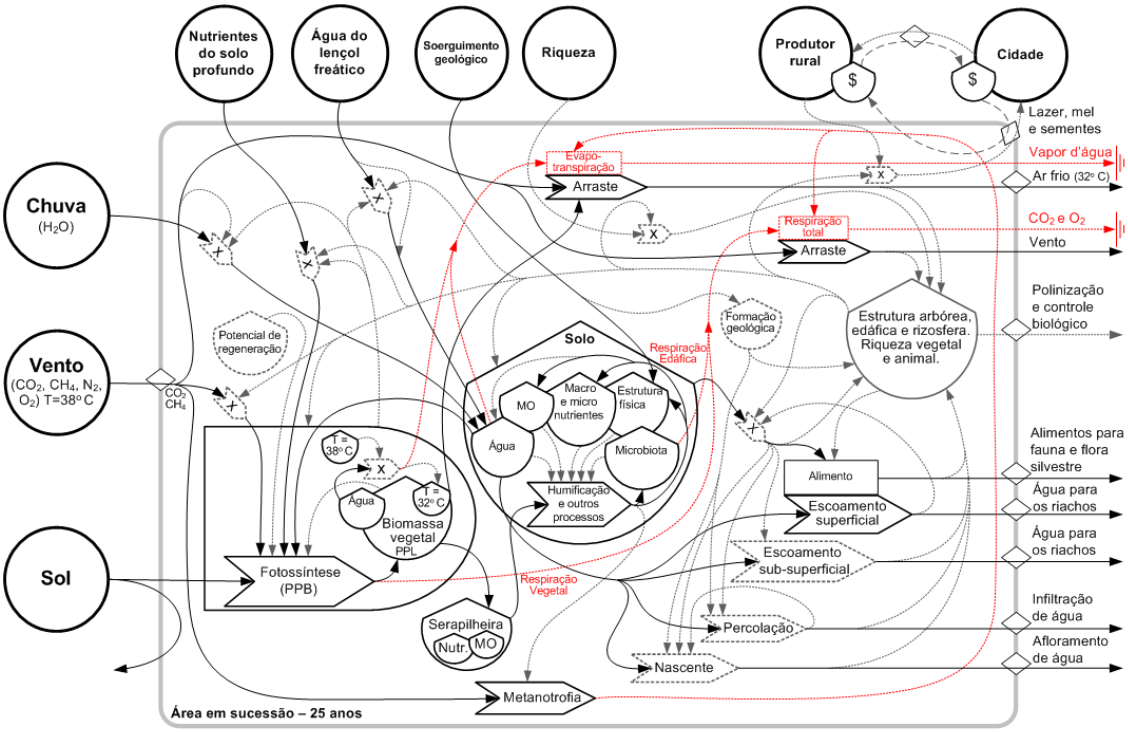

FIGURA 25. Diagrama Funcional que representa as estruturas, componentes, processos e interações no sistema com 25 anos. Siglas e abreviações: PPB – Produtividade Primária Bruta; PPL – Produtividade Primária Líquida; x – Interação; Nutri. – Nutrientes; MO – Matéria Orgânica; T – Temperatura; As setas pontilhadas na cor cinza representam a importância do fluxo, mas não foram quantificadas por dificuldades metodológicas.

Este sistema possui dois diferenciais dos sistemas apresentados anteriormente, representados pela entrada de água do lençol freático e o afloramento (saída) de água na nascente. Estes dois fluxos são ocasionados por características singulares da geologia do sistema, que permite esta entrada e saída e a cobertura vegetal é muito importante para a manutenção destes fluxos.

Os valores dos fluxos de entrada, dos estoques, dos fluxos internos e dos fluxos de saída deste sistema estão apresentados na Tabela 13, 14, 15 e 16, respectivamente.

TABELA 13. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de entrada do sistema com 25 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Entrada							
1	Sol	5,6E+13	J/ha.ano	1	*1*	5,6E+13	$19,44
2	Chuva (química)	1,4E+07	kg/ha.ano	1,5E+08	*2*	2,1E+15	$740,77
	Chuva (química)	7,0E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*3*	2,1E+15	$740,77
	Chuva (cinética)	8,1E+08	J/ha.ano	0		0,0E+00	$0,00
3	Vento	1,1E+11	J/ha.ano	2,5E+03	*4*	2,7E+14	$91,93
4	Soerguimento geológico	4,5E+10	J/ha.ano	1,2E+04	*5*	5,4E+14	$186,49
5	Água (lençol freático para nascente)	7,8E+06	kg/ha.ano	2,4E+05	*6*	1,9E+12	$0,65
6	CO_2 (atmosfera)	56.493,1	kg/ha.ano	1,0E+11	*7*	5,9E+15	$2.032,97
7	CH_4 (atmosfera)	20,0	kg/ha.ano	4,4E+04	*8*	8,7E+05	$0,00
8	O_2 (da atmosfera para respiração)	4.132,9	kg/ha.ano	5,2E+07	*9*	2,1E+11	$0,07
	O_2 (da atmosfera para metanotrofia)	79,9	kg/ha.ano	5,2E+07	*9*	4,1E+09	$0,00
9	N_2 (atmosfera)	226,6	kg/ha.ano	4,6E+12	*10*	1,0E+15	$360,69
10	P (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	1,8E+13	*11*	1,1E+12	$0,39
11	K (sub-solo)	0,2	kg/ha.ano	1,7E+12	*12*	3,2E+11	$0,11
12	Ca (sub-solo)	1,4	kg/ha.ano	2,5E+09	*13*	3,6E+09	$0,00
13	Mg (sub-solo)	0,2	kg/ha.ano	6,1E+09	*14*	1,3E+09	$0,00
14	S (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	2,7E+10	*15*	2,9E+09	$0,00
15	B (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	2,7E+10	*16*	6,5E+07	$0,00
16	Cu (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	9,8E+10	*17*	1,1E+08	$0,00
17	Fe (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	1,2E+10	*18*	5,7E+08	$0,00
18	Mn (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	3,5E+11	*19*	2,6E+10	$0,01
19	Zn (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	7,2E+10	*20*	2,4E+08	$0,00
					Σ	**9,9E+15**	**$3.433,53**

TABELA 14. Tabela de Avaliação Emergética dos estoques do sistema com 25 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Estoque							
1	Biomassa verde (seca)	2,3E+05	kg C/ha	3,5E+11	*97*	8,3E+16	$28.598,62
	Biomassa verde (seca)	5,2E+05	kg/ha	1,6E+11	*98*	8,3E+16	$28.598,62
	Biomassa verde (seca)	1,7E+13	J/ha	4,9E+03	*99*	8,3E+16	$28.598,62
2	Biomassa microbiana	1,9E+09	J/ha	1,5E+07	*100*	2,8E+16	$9.615,92
	Biomassa microbiana	44,3	kg C/ha	6,3E+14	*101*	2,8E+16	$9.615,92
3	Matéria orgânica (solo)	1,5E+12	J/ha	1,5E+04	*102*	2,3E+16	$8.069,90
	Matéria orgânica (solo)	68.000,0	kg/ha	3,4E+11	*103*	2,3E+16	$8.069,90
4	N_2 (solo)	68,2	kg/ha.ano	1,2E+13	*104*	8,1E+14	$280,73
5	Fósforo (solúvel)	30,0	kg/ha	1,1E+12	*105*	3,2E+13	$11,17
6	Potássio (solúvel)	168,1	kg/ha	5,5E+11	*106*	9,3E+13	$32,28
7	Cálcio (solúvel)	4.318,4	kg/ha	1,7E+11	*107*	7,2E+14	$249,86
8	Magnésio (solúvel)	516,5	kg/ha	2,0E+11	*108*	1,1E+14	$36,48
9	Hidrogênio (solúvel)	70,8	kg/ha		*109*	0,0E+00	$0,00
10	Alumínio (solúvel)	11,2	kg/ha		*110*	0,0E+00	$0,00
11	Enxofre (solúvel)	11,0	kg/ha	4,9E+12	*111*	5,3E+13	$18,47
12	Boro (solúvel)	2,1	kg/ha	6,0E+11	*112*	1,2E+12	$0,43
13	Cobre (solúvel)	6,7	kg/ha	9,0E+10	*113*	6,0E+11	$0,21
14	Ferro (solúvel)	179,0	kg/ha	1,4E+11	*114*	2,5E+13	$8,51
15	Manganêz (solúvel)	486,0	kg/ha	7,8E+10	*115*	3,8E+13	$13,04
16	Zinco (solúvel)	13,7	kg/ha	1,3E+11	*116*	1,7E+12	$0,60
17	Estrutura do solo	4,6E+06	J/ha	2,9E+09	*117*	1,4E+16	$4.679,69
					Σ	**1,5E+17**	**$51.615,88**

TABELA 15. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos internos do sistema com 25 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Fluxo interno							
1	Biomassa (PPL)	9.334,8	kg C/ha.ano	5,3E+11	*118*	5,0E+15	$1.725,80
	Biomassa (PPL)	20.744,0	kg/ha.ano	2,4E+11	*119*	5,0E+15	$1.725,80
	Biomassa (PPL)	6,7E+11	J/ha.ano	7,4E+03	*120*	5,0E+15	$1.725,80
2	Biomassa (serapilheira seca)	4.531,6	kg C/ha.ano	5,3E+11	*121*	2,4E+15	$837,79
	Biomassa (serapilheira seca)	10.070,2	kg/ha.ano	2,4E+11	*122*	2,4E+15	$837,79
	Biomassa (serapilheira seca)	3,3E+11	J/ha.ano	7,4E+03	*123*	2,4E+15	$837,79
3	Nitrogênio (serapilheira)	1,6E+02	kg/ha.ano	2,4E+11	*124*	3,8E+13	$13,18
4	Fósforo (serapilheira)	6,3	kg/ha.ano	2,4E+11	*125*	1,5E+12	$0,53
5	Potássio (serapilheira)	18,3	kg/ha.ano	2,4E+11	*126*	4,4E+12	$1,52
6	Cálcio (serapilheira)	142,9	kg/ha.ano	2,4E+11	*127*	3,4E+13	$11,89
7	Magnésio (serapilheira)	20,6	kg/ha.ano	2,4E+11	*128*	5,0E+12	$1,72
8	Enxofre (serapilheira)	10,6	kg/ha.ano	2,4E+11	*129*	2,5E+12	$0,88
9	Boro (serapilheira)	0,2	kg/ha.ano	2,4E+11	*130*	5,8E+10	$0,02
10	Cobre (serapilheira)	0,1	kg/ha.ano	2,4E+11	*131*	2,8E+10	$0,01
11	Ferro (serapilheira)	4,8	kg/ha.ano	2,4E+11	*132*	1,1E+12	$0,40
12	Manganêz (serapilheira)	7,4	kg/ha.ano	2,4E+11	*133*	1,8E+12	$0,61
13	Zinco (serapilheira)	0,3	kg/ha.ano	2,4E+11	*134*	8,1E+10	$0,03
					Σ	**7,5E+15**	**$2.581**

TABELA 16. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de saída do sistema com 25 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Saída							
1	Escoamento (Superficial)	6,2E+06	kg/ha.ano	1,5E+08	*235*	9,3E+14	$322,63
	Escoamento (Superficial)	3,1E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*236*	9,3E+14	$322,63
2	Escoamento (Sub-superficial)	1,2E+06	kg/ha.ano	1,5E+08	*237*	1,8E+14	$61,86
	Escoamento (Sub-superficial)	5,9E+09	J/ha.ano	3,1E+04	*238*	1,8E+14	$61,86
3	Água percolada	5,0E+06	kg/ha.ano	1,5E+08	*239*	7,6E+14	$263,43
	Água percolada	2,5E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*240*	7,6E+14	$263,43
4	Afloramento de água	7,8E+06	kg/ha.ano	2,4E+05	*241*	1,9E+12	$0,65
	Afloramento de água	3,9E+10	J/ha.ano	4,8E+01	*242*	1,9E+12	$0,65
5	Ar frio	3,3E+02	kg/ha.ano	3,1E+11	*243*	1,0E+14	$34,88
	Ar frio	2,1E+05	J/ha.ano	4,9E+08	*244*	1,0E+14	$34,88
6	Erosão do solo	6,3E+02	kg/ha.ano	6,3E+11	*245*	4,0E+14	$139,11
	Erosão do solo	2,9E+10	J/ha.ano	1,4E+04	*246*	4,0E+14	$139,11
					Σ	**2,4E+15**	**$822,57**

4.6 SISTEMA DE ESTUDO COM 75 ANOS

Este sistema é representado pela Figura 26.

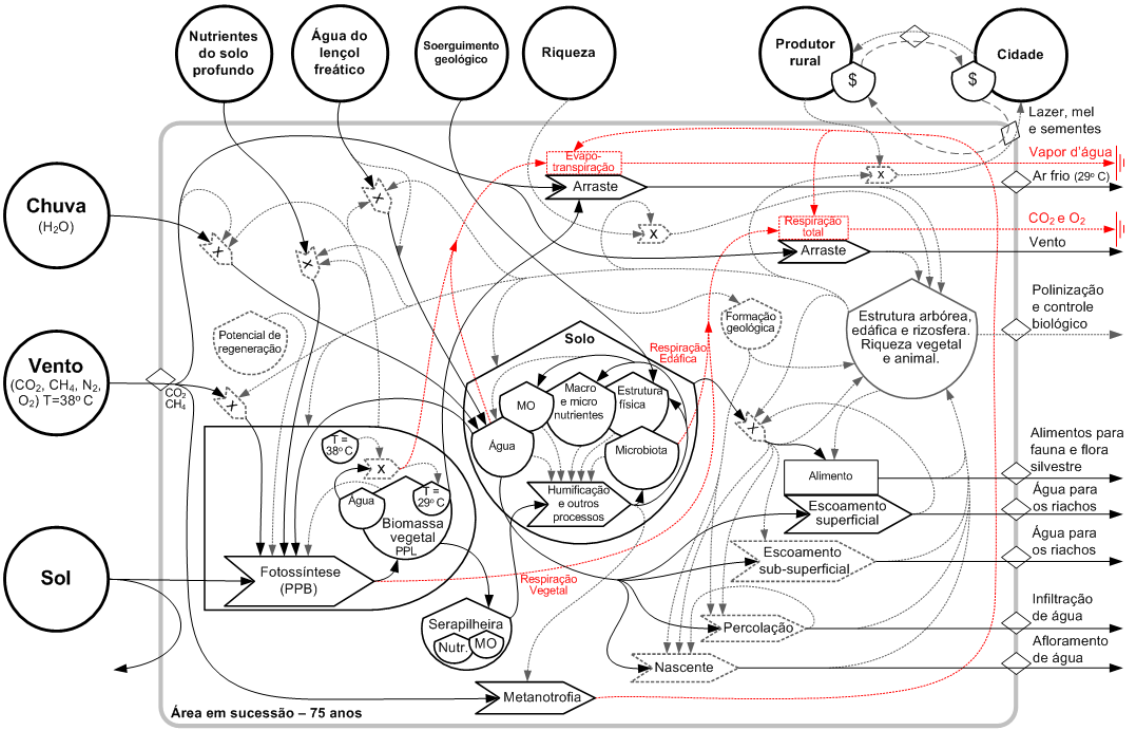

FIGURA 26. Diagrama Funcional que representa as estruturas, componentes, processos e interações no sistema com 75 anos. Siglas e abreviações: PPB – Produtividade Primária Bruta; PPL – Produtividade Primária Líquida; x – Interação; Nutri. – Nutrientes; MO – Matéria Orgânica; T – Temperatura; As setas pontilhadas na cor cinza representam a importância do fluxo, mas não foram quantificadas por dificuldades metodológicas.

Este diagrama apresenta a mesma característica do sistema com 25 anos. Mas os fluxos mudam em função da diferença de tempo de sucessão natural. Os valores são apresentados nas Tabelas 17, 18, 19 e 20.

TABELA 17. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de entrada do sistema com 75 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Entrada							
1	Sol	5,6E+13	J/ha.ano	1	*1*	5,6E+13	$19,44
2	Chuva (química)	1,4E+07	kg/ha.ano	1,5E+08	*2*	2,1E+15	$740,77
	Chuva (química)	7,0E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*3*	2,1E+15	$740,77
	Chuva (cinética)	8,1E+08	J/ha.ano	0		0,0E+00	$0,00
3	Vento	1,1E+11	J/ha.ano	2,5E+03	*4*	2,7E+14	$91,93
4	Soerguimento geológico	4,5E+10	J/ha.ano	1,2E+04	*5*	5,4E+14	$186,49
5	Água (lençol freático para nascente)	3,3E+07	kg/ha.ano	2,4E+05	*6*	7,8E+12	$2,71
6	CO_2 (atmosfera)	44.126,3	kg/ha.ano	1,0E+11	*7*	4,6E+15	$1.587,94
7	CH_4 (atmosfera)	32,7	kg/ha.ano	4,4E+04	*8*	1,4E+06	$0,00
8	O_2 (da atmosfera para respiração)	4.927,8	kg/ha.ano	5,2E+07	*9*	2,5E+11	$0,09
	O_2 (da atmosfera para metanotrofia)	130,4	kg/ha.ano	5,2E+07	*9*	6,7E+09	$0,00
9	N_2 (atmosfera)	676,5	kg/ha.ano	4,6E+12	*10*	3,1E+15	$1.076,83
10	P (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	1,8E+13	*11*	1,2E+12	$0,40
11	K (sub-solo)	0,2	kg/ha.ano	1,7E+12	*12*	3,3E+11	$0,11
12	Ca (sub-solo)	1,5	kg/ha.ano	2,5E+09	*13*	3,7E+09	$0,00
13	Mg (sub-solo)	0,2	kg/ha.ano	6,1E+09	*14*	1,3E+09	$0,00
14	S (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	2,7E+10	*15*	2,9E+09	$0,00
15	B (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	2,7E+10	*16*	6,7E+07	$0,00
16	Cu (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	9,8E+10	*17*	1,2E+08	$0,00
17	Fe (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	1,2E+10	*18*	5,9E+08	$0,00
18	Mn (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	3,5E+11	*19*	2,6E+10	$0,01
19	Zn (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	7,2E+10	*20*	2,5E+08	$0,00
					Σ	**1,1E+16**	**$3.706,73**

TABELA 18. Tabela de Avaliação Emergética dos estoques do sistema com 75 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Estoque							
1	Biomassa verde (seca)	5,1E+05	kg C/ha	5,3E+11	*135*	2,7E+17	$93.460,21
	Biomassa verde (seca)	1,1E+06	kg/ha	2,4E+11	*136*	2,7E+17	$93.460,21
	Biomassa verde (seca)	3,7E+13	J/ha	7,4E+03	*137*	2,7E+17	$93.460,21
2	Biomassa microbiana	1,5E+09	J/ha	7,5E+07	*138*	1,1E+17	$39.166,09
	Biomassa microbiana	35,9	kg C/ha	3,2E+15	*139*	1,1E+17	$39.166,09
3	Matéria orgânica (solo)	2,6E+12	J/ha	3,7E+04	*140*	9,6E+16	$33.277,51
	Matéria orgânica (solo)	114.000,0	kg/ha	8,4E+11	*141*	9,6E+16	$33.277,51
4	N_2 (solo)	513,4	kg/ha.ano	6,5E+12	*142*	3,3E+15	$1.149,93
5	Fósforo (solúvel)	41,5	kg/ha	3,2E+12	*143*	1,3E+14	$45,94
6	Potássio (solúvel)	158,3	kg/ha	2,4E+12	*144*	3,8E+14	$132,22
7	Cálcio (solúvel)	2.855,6	kg/ha	1,0E+12	*145*	3,0E+15	$1.032,21
8	Magnésio (solúvel)	735,2	kg/ha	5,9E+11	*146*	4,3E+14	$149,46
9	Hidrogênio (solúvel)	92,5	kg/ha		*147*	0,0E+00	$0,00
10	Alumínio (solúvel)	28,8	kg/ha		*148*	0,0E+00	$0,00
11	Enxofre (solúvel)	22,0	kg/ha	1,0E+13	*149*	2,2E+14	$75,84
12	Boro (solúvel)	2,6	kg/ha	2,0E+12	*150*	5,1E+12	$1,75
13	Cobre (solúvel)	2,9	kg/ha	8,5E+11	*151*	2,4E+12	$0,84
14	Ferro (solúvel)	149,0	kg/ha	6,7E+11	*152*	1,0E+14	$34,60
15	Manganêz (solúvel)	398,0	kg/ha	3,9E+11	*153*	1,6E+14	$53,89
16	Zinco (solúvel)	6,0	kg/ha	1,2E+12	*154*	7,0E+12	$2,43
17	Estrutura do solo	8,2E+06	J/ha	5,0E+09	*155*	4,1E+16	$14.128,37
					Σ	**5,3E+17**	**$182.711,30**

TABELA 19. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos internos do sistema com 75 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Fluxo interno							
1	Biomassa (PPL)	5.525	kg C/ha.ano	8,4E+11	*156*	4,6E+15	$1.602,29
	Biomassa (PPL)	12.279	kg/ha.ano	3,8E+11	*157*	4,6E+15	$1.602,29
	Biomassa (PPL)	4,0E+11	J/ha.ano	1,2E+04	*158*	4,6E+15	$1.602,29
2	Biomassa (serapilheira seca)	4.667,6	kg C/ha.ano	8,4E+11	*159*	3,9E+15	$1.353,54
	Biomassa (serapilheira seca)	10.372,4	kg/ha.ano	3,8E+11	*160*	3,9E+15	$1.353,54
	Biomassa (serapilheira seca)	3,3E+11	J/ha.ano	1,2E+04	*161*	3,9E+15	$1.353,54
3	Nitrogênio (serapilheira)	1,6E+02	kg/ha.ano	3,8E+11	*162*	6,2E+13	$21,29
4	Fósforo (serapilheira)	6,5	kg/ha.ano	3,8E+11	*163*	2,5E+12	$0,85
5	Potássio (serapilheira)	18,9	kg/ha.ano	3,8E+11	*164*	7,1E+12	$2,46
6	Cálcio (serapilheira)	147,2	kg/ha.ano	3,8E+11	*165*	5,6E+13	$19,21
7	Magnésio (serapilheira)	21,3	kg/ha.ano	3,8E+11	*166*	8,0E+12	$2,77
8	Enxofre (serapilheira)	10,9	kg/ha.ano	3,8E+11	*167*	4,1E+12	$1,42
9	Boro (serapilheira)	0,2	kg/ha.ano	3,8E+11	*168*	9,4E+10	$0,03
10	Cobre (serapilheira)	0,1	kg/ha.ano	3,8E+11	*169*	4,5E+10	$0,02
11	Ferro (serapilheira)	4,9	kg/ha.ano	3,8E+11	*170*	1,9E+12	$0,64
12	Manganêz (serapilheira)	7,6	kg/ha.ano	3,8E+11	*171*	2,9E+12	$0,99
13	Zinco (serapilheira)	0,3	kg/ha.ano	3,8E+11	*172*	1,3E+11	$0,05
					Σ	**8,6E+15**	**$2.984**

TABELA 20. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de saída do sistema com 75 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Saída							
1	Escoamento (Superficial)	2,1E+06	kg/ha.ano	1,5E+08	*247*	3,1E+14	$108,93
	Escoamento (Superficial)	1,0E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*248*	3,1E+14	$108,93
2	Escoamento (Sub-superficial)	1,0E+06	kg/ha.ano	1,5E+08	*249*	1,5E+14	$52,83
	Escoamento (Sub-superficial)	5,0E+09	J/ha.ano	3,1E+04	*250*	1,5E+14	$52,83
3	Água percolada	7,0E+06	kg/ha.ano	1,5E+08	*251*	1,1E+15	$367,24
	Água percolada	3,5E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*252*	1,1E+15	$367,24
4	Afloramento de água	3,3E+07	kg/ha.ano	2,4E+05	*253*	7,8E+12	$2,71
	Afloramento de água	1,6E+11	J/ha.ano	4,8E+01	*254*	7,8E+12	$2,71
5	Ar frio	3,8E+02	kg/ha.ano	2,5E+11	*255*	9,4E+13	$32,69
	Ar frio	3,6E+05	J/ha.ano	2,6E+08	*256*	9,4E+13	$32,69
6	Erosão do solo	2,5E+02	kg/ha.ano	6,9E+11	*257*	1,7E+14	$59,07
	Erosão do solo	4,1E+10	J/ha.ano	4,1E+03	*258*	1,7E+14	$59,07
					Σ	**1,8E+15**	**$623,48**

4.7 SISTEMA DE ESTUDO COM 200 ANOS

Este sistema é representado pela Figura 27.

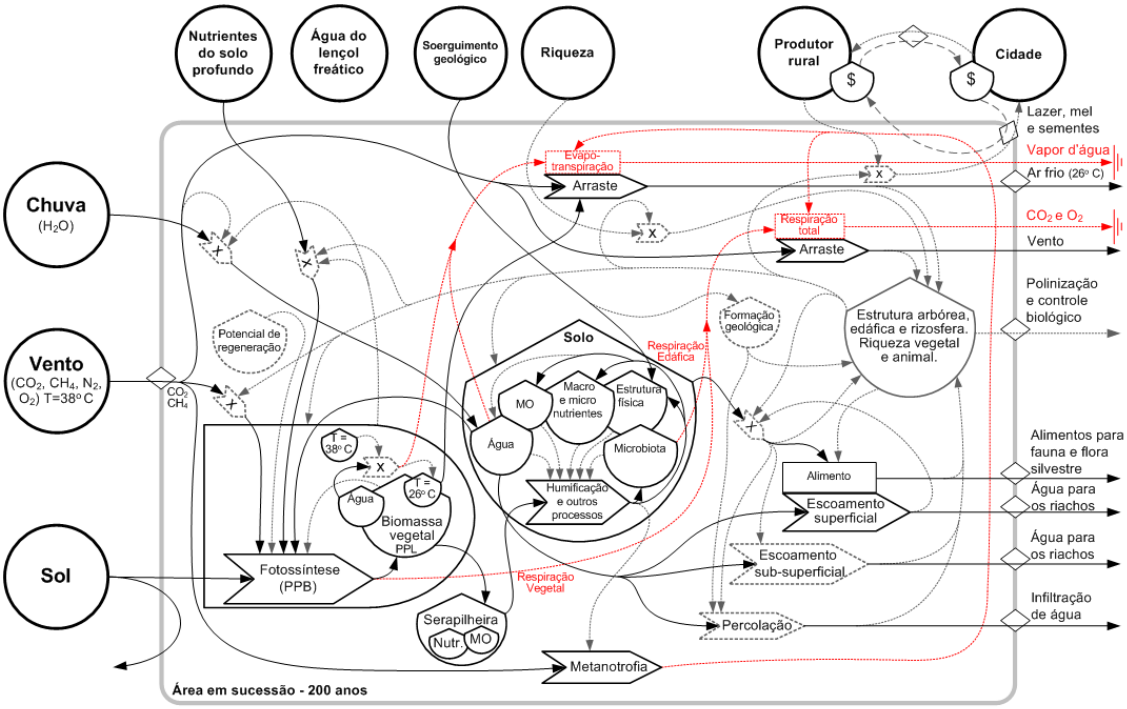

FIGURA 27. Diagrama Funcional que representa as estruturas, componentes, processos e interações no sistema com 200 anos. Siglas e abreviações: PPB – Produtividade Primária Bruta; PPL – Produtividade Primária Líquida; x – Interação; Nutri. – Nutrientes; MO – Matéria Orgânica; T – Temperatura; As setas pontilhadas na cor cinza representam a importância do fluxo, mas não foram quantificadas por dificuldades metodológicas.

Este diagrama apresenta a mesma característica do sistema com 24 anos. Mas os fluxos mudam em função da diferença de tempo de sucessão natural. Os valores são apresentados nas Tabelas 21, 22, 23 e 24.

TABELA 21. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de entrada do sistema com 200 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Entrada							
1	Sol	6,1E+13	J/ha.ano	1	*1*	6,1E+13	$21,16
2	Chuva (química)	1,4E+07	kg/ha.ano	1,5E+08	*2*	2,1E+15	$740,77
	Chuva (química)	7,0E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*3*	2,1E+15	$740,77
	Chuva (cinética)	8,1E+08	J/ha.ano	0		0,0E+00	$0,00
3	Vento	1,1E+11	J/ha.ano	2,5E+03	*4*	2,7E+14	$91,93
4	Soerguimento geológico	4,5E+10	J/ha.ano	1,2E+04	*5*	5,4E+14	$186,49
5	Água (lençol freático para nascente)	0,0	kg/ha.ano	2,4E+05	*6*	0,0E+00	$0,00
6	CO_2 (atmosfera)	21.112,5	kg/ha.ano	1,0E+11	*7*	2,2E+15	$759,76
7	CH_4 (atmosfera)	51,1	kg/ha.ano	4,4E+04	*8*	2,2E+06	$0,00
8	O_2 (da atmosfera para respiração)	763,2	kg/ha.ano	5,2E+07	*9*	3,9E+10	$0,01
	O_2 (da atmosfera para metanotrofia)	203,9	kg/ha.ano	5,2E+07	*9*	1,1E+10	$0,00
9	N_2 (atmosfera)	2.091,6	kg/ha.ano	4,6E+12	*10*	9,6E+15	$3.329,22
10	P (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	1,8E+13	*11*	1,3E+12	$0,45
11	K (sub-solo)	0,2	kg/ha.ano	1,7E+12	*12*	3,7E+11	$0,13
12	Ca (sub-solo)	1,7	kg/ha.ano	2,5E+09	*13*	4,2E+09	$0,00
13	Mg (sub-solo)	0,2	kg/ha.ano	6,1E+09	*14*	1,5E+09	$0,00
14	S (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	2,7E+10	*15*	3,3E+09	$0,00
15	B (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	2,7E+10	*16*	7,6E+07	$0,00
16	Cu (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	9,8E+10	*17*	1,3E+08	$0,00
17	Fe (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	1,2E+10	*18*	6,7E+08	$0,00
18	Mn (sub-solo)	0,1	kg/ha.ano	3,5E+11	*19*	3,0E+10	$0,01
19	Zn (sub-solo)	0,0	kg/ha.ano	7,2E+10	*20*	2,8E+08	$0,00
					Σ	**1,5E+16**	**$5.129,94**

TABELA 22. Tabela de Avaliação Emergética dos estoques do sistema com 200 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Estoque							
1	Biomassa verde (seca)	5,4E+05	kg C/ha	9,8E+11	*173*	5,3E+17	$181.818,69
	Biomassa verde (seca)	1,2E+06	kg/ha	4,4E+11	*174*	5,3E+17	$181.818,69
	Biomassa verde (seca)	3,8E+13	J/ha	1,4E+04	*175*	5,3E+17	$181.818,69
2	Biomassa microbiana	1,3E+09	J/ha	4,9E+08	*176*	6,5E+17	$223.733,57
	Biomassa microbiana	31,6	kg C/ha	2,0E+16	*177*	6,5E+17	$223.733,57
3	Matéria orgânica (solo)	3,5E+12	J/ha	1,6E+05	*178*	5,5E+17	$191.789,62
	Matéria orgânica (solo)	153.500,0	kg/ha	3,6E+12	*179*	5,5E+17	$191.789,62
4	N_2 (solo)	1907,6	kg/ha.ano	1,0E+13	*180*	1,9E+16	$6.621,90
5	Fósforo (solúvel)	60,5	kg/ha	1,3E+13	*181*	7,7E+14	$267,43
6	Potássio (solúvel)	445,7	kg/ha	5,0E+12	*182*	2,2E+15	$764,13
7	Cálcio (solúvel)	3.396,6	kg/ha	5,1E+12	*183*	1,7E+16	$5.939,48
8	Magnésio (solúvel)	1.300,3	kg/ha	1,9E+12	*184*	2,5E+15	$866,07
9	Hidrogênio (solúvel)	65,7	kg/ha		*185*	0,0E+00	$0,00
10	Alumínio (solúvel)	7,2	kg/ha		*186*	0,0E+00	$0,00
11	Enxofre (solúvel)	26,0	kg/ha	5,0E+13	*187*	1,3E+15	$447,19
12	Boro (solúvel)	4,1	kg/ha	7,1E+12	*188*	2,9E+13	$10,09
13	Cobre (solúvel)	5,3	kg/ha	2,6E+12	*189*	1,4E+13	$4,86
14	Ferro (solúvel)	70,0	kg/ha	8,3E+12	*190*	5,8E+14	$201,80
15	Manganêz (solúvel)	305,5	kg/ha	2,9E+12	*191*	9,0E+14	$310,12
16	Zinco (solúvel)	10,9	kg/ha	3,8E+12	*192*	4,1E+13	$14,16
17	Estrutura do solo	1,1E+07	J/ha	1,0E+10	*193*	1,1E+17	$38.830,96
					Σ	**1,9E+18**	**$651.620,04**

TABELA 23. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos internos do sistema com 200 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Fluxo interno							
1	Biomassa (PPL)	210	kg C/ha.ano	2,3E+12	*194*	4,9E+14	$168,64
	Biomassa (PPL)	467	kg/ha.ano	1,0E+12	*195*	4,9E+14	$168,64
	Biomassa (PPL)	1,5E+10	J/ha.ano	3,2E+04	*196*	4,9E+14	$168,64
2	Biomassa (serapilheira seca)	5.265,0	kg C/ha.ano	2,3E+12	*197*	1,2E+16	$4.221,08
	Biomassa (serapilheira seca)	11.700,1	kg/ha.ano	1,0E+12	*198*	1,2E+16	$4.221,08
	Biomassa (serapilheira seca)	3,8E+11	J/ha.ano	3,2E+04	*199*	1,2E+16	$4.221,08
3	Nitrogênio (serapilheira)	1,8E+02	kg/ha.ano	1,0E+12	*200*	1,9E+14	$66,40
4	Fósforo (serapilheira)	7,4	kg/ha.ano	1,0E+12	*201*	7,7E+12	$2,66
5	Potássio (serapilheira)	21,3	kg/ha.ano	1,0E+12	*201*	2,2E+13	$7,68
6	Cálcio (serapilheira)	166,0	kg/ha.ano	1,0E+12	*203*	1,7E+14	$59,90
7	Magnésio (serapilheira)	24,0	kg/ha.ano	1,0E+12	*204*	2,5E+13	$8,65
8	Enxofre (serapilheira)	12,3	kg/ha.ano	1,0E+12	*205*	1,3E+13	$4,43
9	Boro (serapilheira)	0,3	kg/ha.ano	1,0E+12	*206*	2,9E+11	$0,10
10	Cobre (serapilheira)	0,1	kg/ha.ano	1,0E+12	*207*	1,4E+11	$0,05
11	Ferro (serapilheira)	5,6	kg/ha.ano	1,0E+12	*208*	5,8E+12	$2,00
12	Manganêz (serapilheira)	8,5	kg/ha.ano	1,0E+12	*209*	8,9E+12	$3,08
13	Zinco (serapilheira)	0,4	kg/ha.ano	1,0E+12	*210*	4,1E+11	$0,14
					Σ	**1,3E+16**	**$4.478**

TABELA 24. Tabela de Avaliação Emergética dos fluxos de saída do sistema com 200 anos.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
Saída							
1	Escoamento (Superficial)	7,1E+05	kg/ha.ano	1,5E+08	*259*	1,1E+14	$37,04
	Escoamento (Superficial)	3,5E+09	J/ha.ano	3,1E+04	*260*	1,1E+14	$37,04
2	Escoamento (Sub-superficial)	8,5E+05	kg/ha.ano	1,5E+08	*261*	1,3E+14	$44,45
	Escoamento (Sub-superficial)	4,2E+09	J/ha.ano	3,1E+04	*262*	1,3E+14	$44,45
3	Água percolada	8,4E+06	kg/ha.ano	1,5E+08	*263*	1,3E+15	$437,04
	Água percolada	4,1E+10	J/ha.ano	3,1E+04	*264*	1,3E+15	$437,04
4	Afloramento de água	0,0E+00	kg/ha.ano	#DIV/0!	*265*	#DIV/0!	#DIV/0!
	Afloramento de água	0,0E+00	J/ha.ano	#DIV/0!	*266*	#DIV/0!	#DIV/0!
5	Ar frio	4,4E+02	kg/ha.ano	2,3E+11	*267*	1,0E+14	$35,20
	Ar frio	5,5E+05	J/ha.ano	1,8E+08	*268*	1,0E+14	$35,20
6	Erosão do solo	1,6E+02	kg/ha.ano	1,3E+12	*269*	2,1E+14	$71,73
	Erosão do solo	8,0E+10	J/ha.ano	2,6E+03	*270*	2,1E+14	$71,73
					Σ	**1,8E+15**	**$625,45**

4.8 ANÁLISE DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS

A análise das principais variáveis foi feita pela comparação entre os sistemas do estudo, que apontam uma tendência no aumento ou diminuição dos fluxos e dos estoques ao longo do tempo (Figuras de 28 a 35).

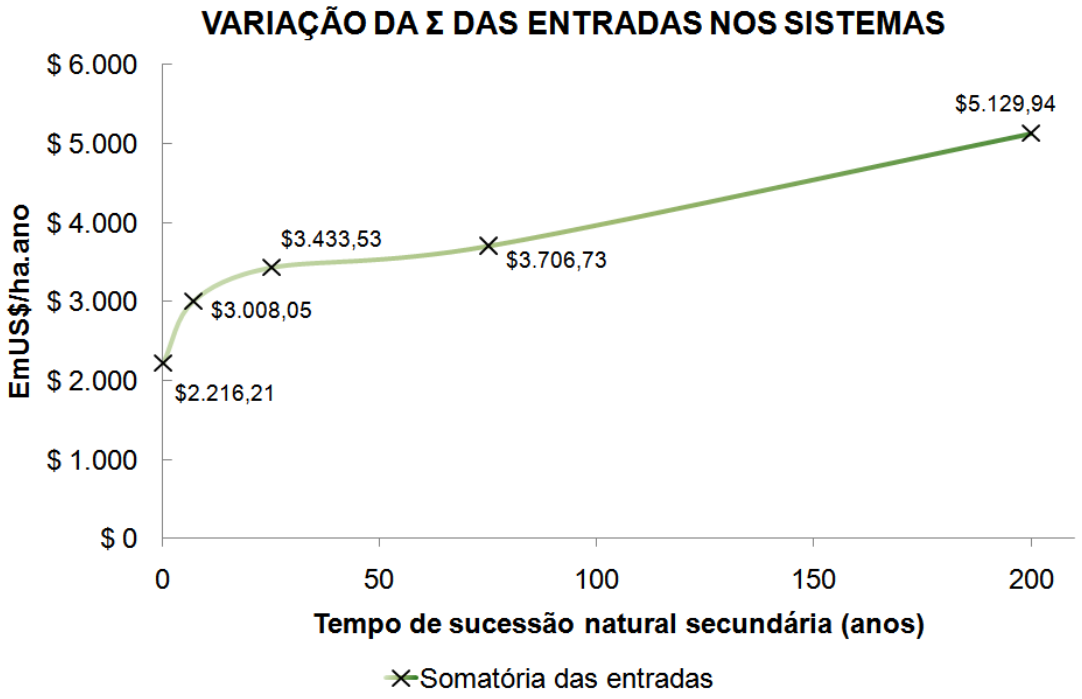

FIGURA 28. Variação da somatória das entradas nos sistemas ao longo do tempo de sucessão natural secundária.

A tendência de aumento da somatória dos fluxos de entrada em função do tempo de sucessão (Figura 28) está relacionada com o aumento da capacidade do sistema em captar recursos renováveis como, principalmente, os nutrientes do solo e da atmosfera.

Este aumento de capacidade de captação está relacionado com o aumento dos estoques do sistema em função do tempo de sucessão (Figura 29).

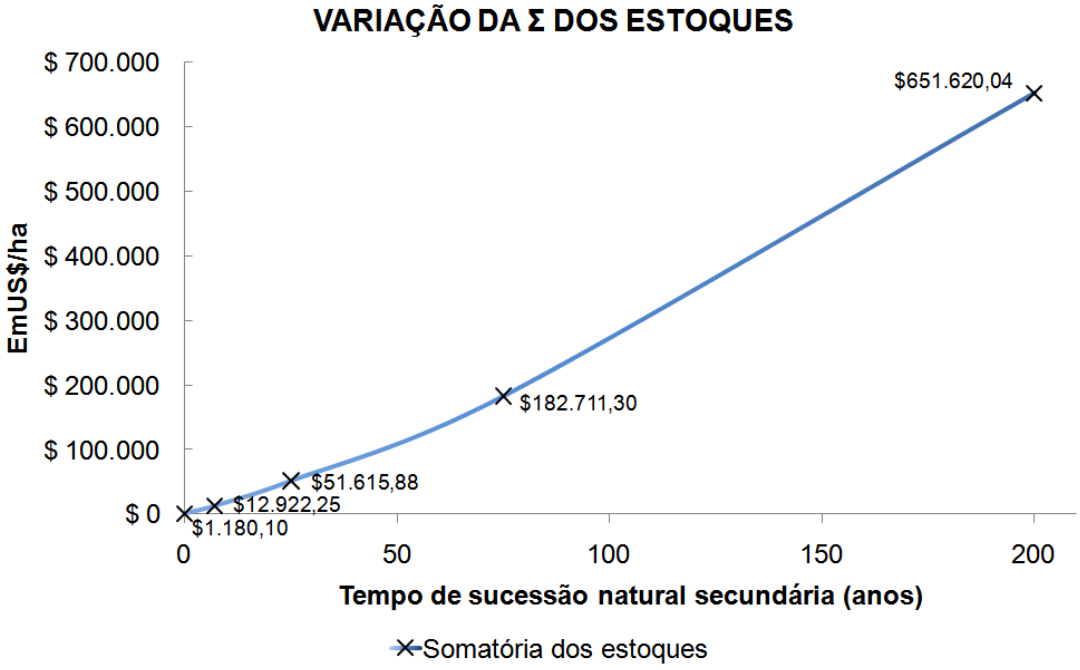

FIGURA 29. Variação da somatória dos estoques nos sistemas ao longo do tempo de sucessão natural secundária.

Os estoques são formados, principalmente, pela tendência do aumento da fixação de nutrientes, no solo e na biomassa verde, durante o tempo de sucessão natural secundária.

O maior estoque, até o sistema com 75 anos, é a biomassa verde, formada pela produtividade primária líquida. Já no sistema com 200 anos o maior estoque está no solo, formado por minerais, matéria orgânica e microrganismos.

Os fluxos internos (Figura 30) também apresentam uma tendência de aumento ao longo do tempo de sucessão e representam as alocações da

emergia que permeia o sistema, formando estoques internos e saindo do sistema na forma de fluxos de saída. A variação da produtividade (somatória da PPL e deposição da serapilheira anual) dos sistemas é apresentada na Figura 31.

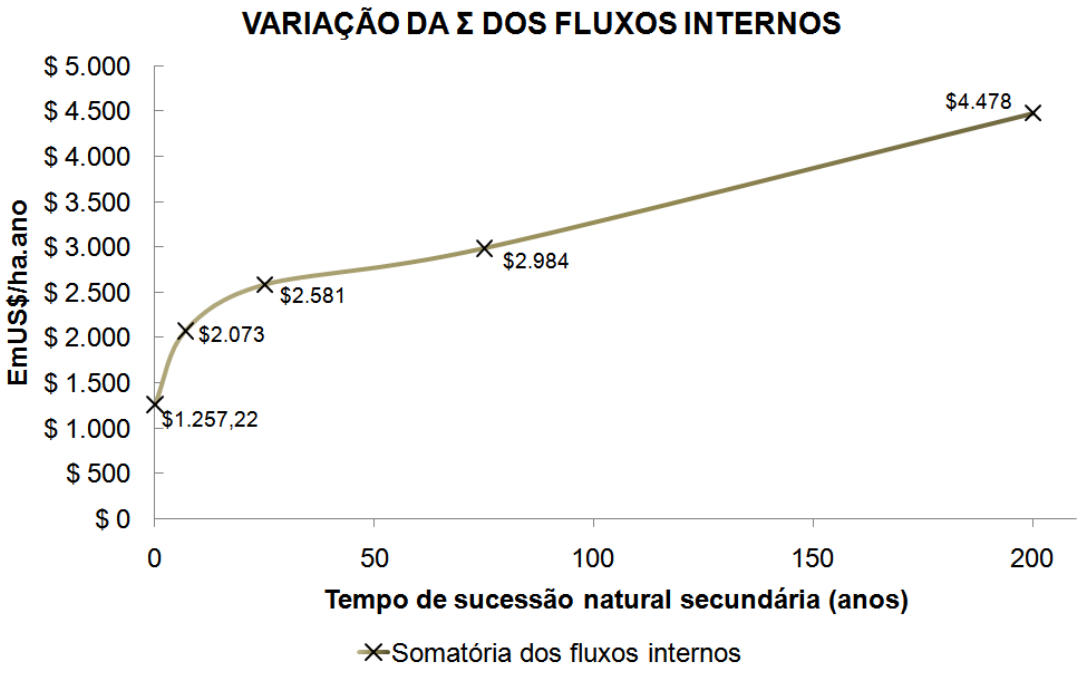

FIGURA 30. Variação da somatória dos fluxos internos nos sistemas ao longo do tempo de sucessão natural secundária.

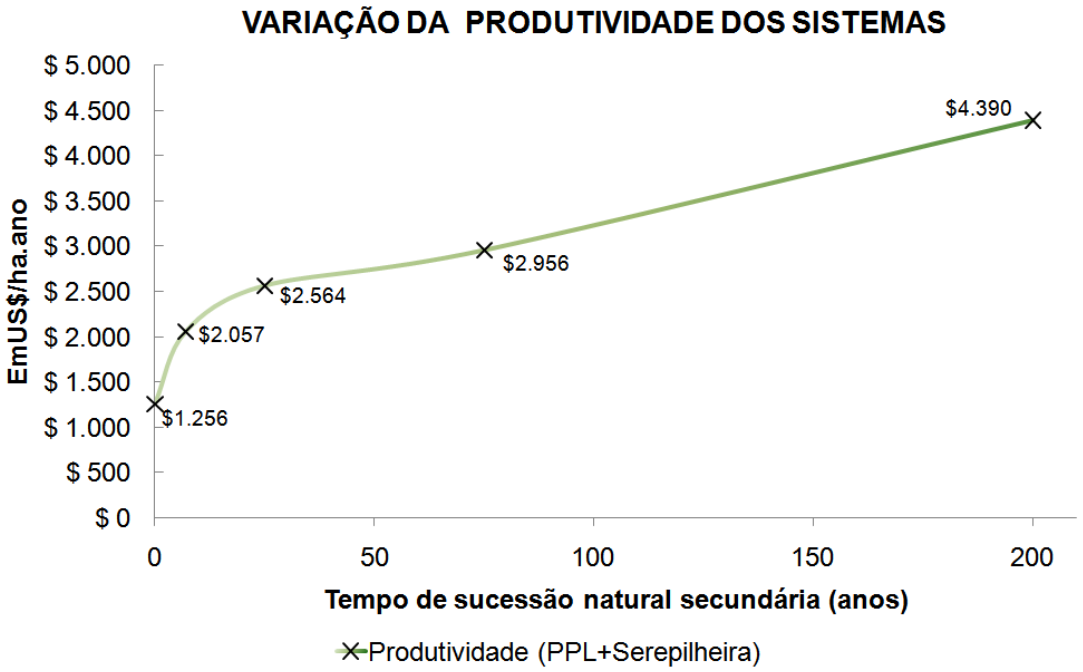

FIGURA 31. Variação da produtividade vegetal do sistema ao longo do tempo de sucessão natural secundária.

A produtividade do sistema florestal aumenta em função do tempo de sucessão, porque representa a produção total de biomassa vegetal do sistema. A Figura 32 revela a variação da produtividade primária líquida do sistema, que atinge o valor máximo em aproximadamente 50 anos, e da deposição de serapilheira.

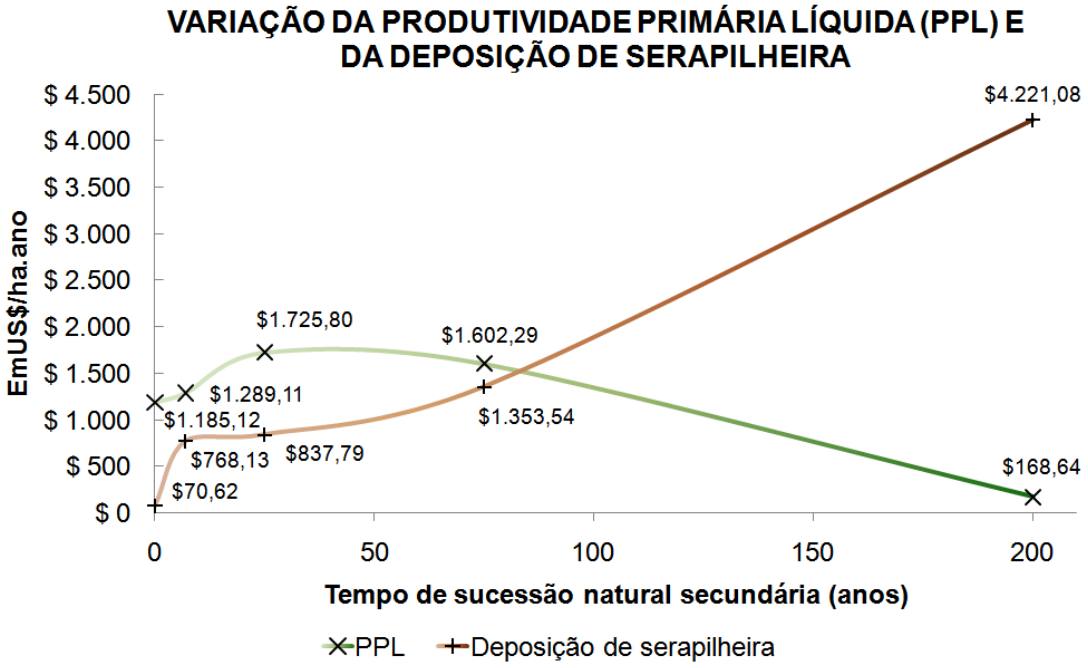

FIGURA 32. Variação da produtividade primária líquida e da deposição de serapilheira ao longo do tempo de sucessão natural secundária.

A inversão de valores entre os maiores estoques de biomassa verde e do solo é causada pela constante deposição de serapilheira, que tende a aumentar em função do tempo de sucessão natural secundária, e pela redução da fixação de carbono expresso na produtividade primária líquida, que tende a diminuir o aumento do estoque de biomassa verde (Figura 32).

A serapilheira, ao ser decomposta, contribui, além da melhora da fertilidade do solo, para o processo de formação da estrutura do solo. A estrutura do solo é analisada no conjunto dos estoques e também é um valor importante para o sistema, pois é responsável por alterar os fluxos de água (Figura 33) e dos processos erosivos (Figura 34) dos sistemas.

Esta alteração diminui a perda de solo e contribui para o aumento da qualidade do solo, da água do lençol freático e do sistema como um todo.

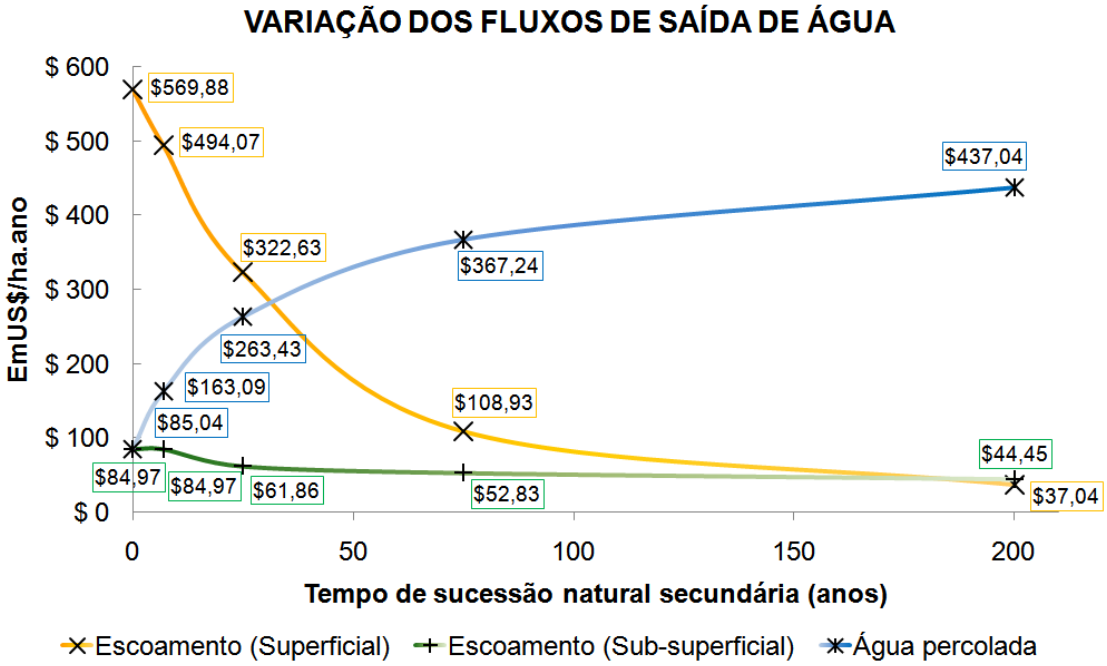

FIGURA 33. Variação dos fluxos de água ao longo do tempo de sucessão natural secundária.

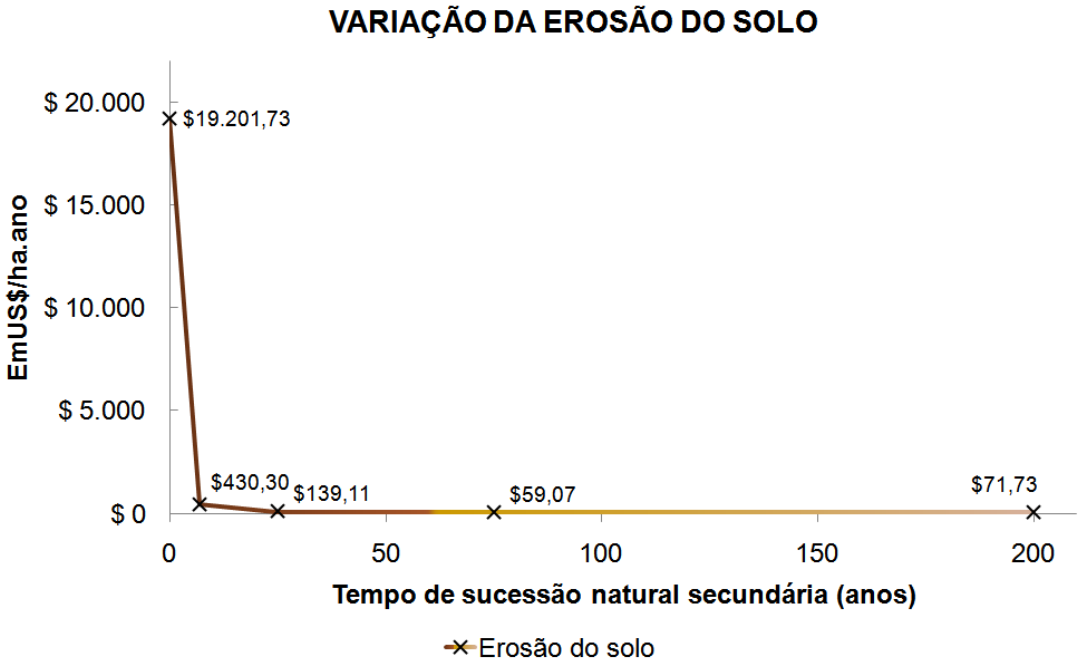

FIGURA 34. Variação da erosão ao longo do tempo de sucessão natural secundária.

Estes resultados da erosão de solo representam a somatória dos componentes do solo (ver Anexo 1), representando o estoque de solo que é perdido pelo processo erosivo dos sistemas.

Na avaliação emergética de ecossistemas tradicional, segundo Brown e Bardi (2001), no cálculo da transformidade da erosão somente é levada em consideração a emergia da matéria orgânica do solo, mas neste estudo (Figura 34) foi considerada a emergia da argila presente no solo que sai dos sistemas. O sistema com 200 anos, apesar do pouco valor mássico da erosão, apresenta muita matéria orgânica no solo, por isso apresenta um leve aumento na curva de variação.

Assim a erosão do sistema com 0 ano é vista como um processo prejudicial ao sistema, pela perda de solo e nutrientes e também prejudicial aos ecossistema vizinhos que recebem este fluxo, pobre em matéria orgânica, mas rico em argila, o que contribui para processo de assoreamento dos rios. Já os demais sistemas possuem pouca argila no solo erodido e muita matéria orgânica estável, sendo considerado, assim, como um processo benéfico aos ecossistemas vizinhos.

A variação mássica dos estoques de hidrogênio e alumínio no solo (Figura 35) não foi valorada economicamente neste estudo, mas estes estoques tendem a diminuir em função do tempo de sucessão. Mas esta diminuição é positiva para o sistema, em virtude da melhora na qualidade do solo que proporciona.

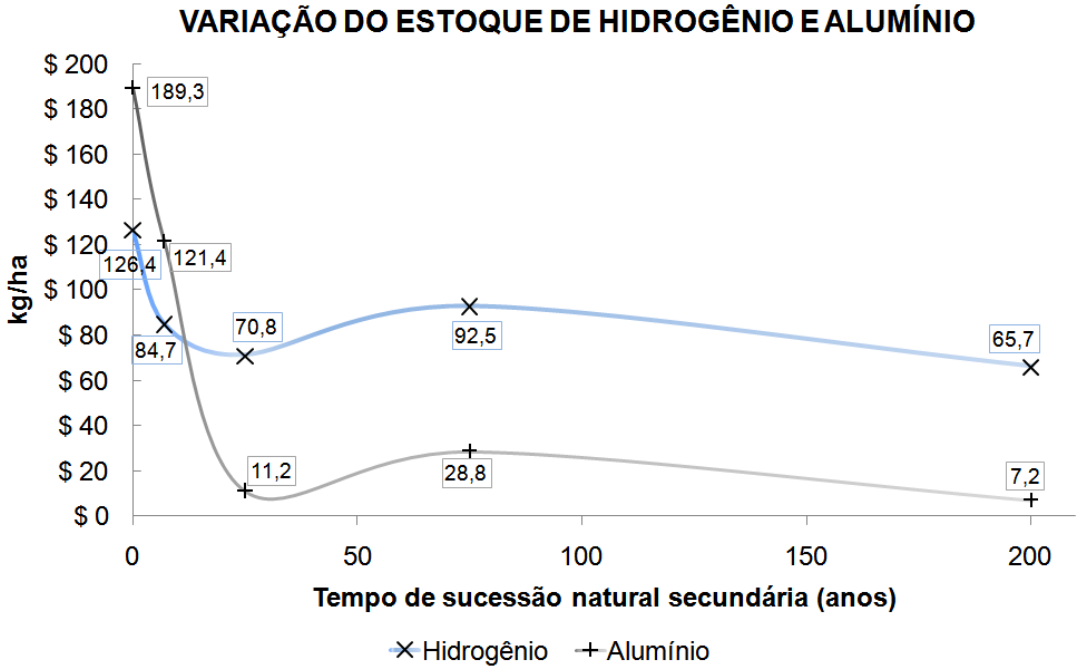

FIGURA 35. Variação do estoque de hidrogênio e alumínio em função do tempo de sucessão.

4.9 INTERPRETAÇÃO DOS BENS E SERVIÇOS AMBIENTAIS

Os Estoques dos sistemas foram interpretados como Bens Ambientais, pois atuam sobre os fluxos de entrada, internos e de saída.

De acordo com as descrições de Odum (1998) e Puig (2008) os ecossistemas florestais apresentam Estruturas Ecológicas. Estas estruturas foram correlacionadas (Figura 36) com 20 serviços ambientais descritos por De Groot (1992).

FIGURA 36. Correlação interpretativa entre as Estruturas Ecológicas e os Serviços Ambientais.

Ao detalhar esta relação, identificaram-se seis Serviços Ambientais que foram correlacionados com onze fluxos de EmUS$ estudados. Esta correlação estabelecida de forma interpretativa (Figura 37) possibilitou a valoração dos Serviços Ambientais.

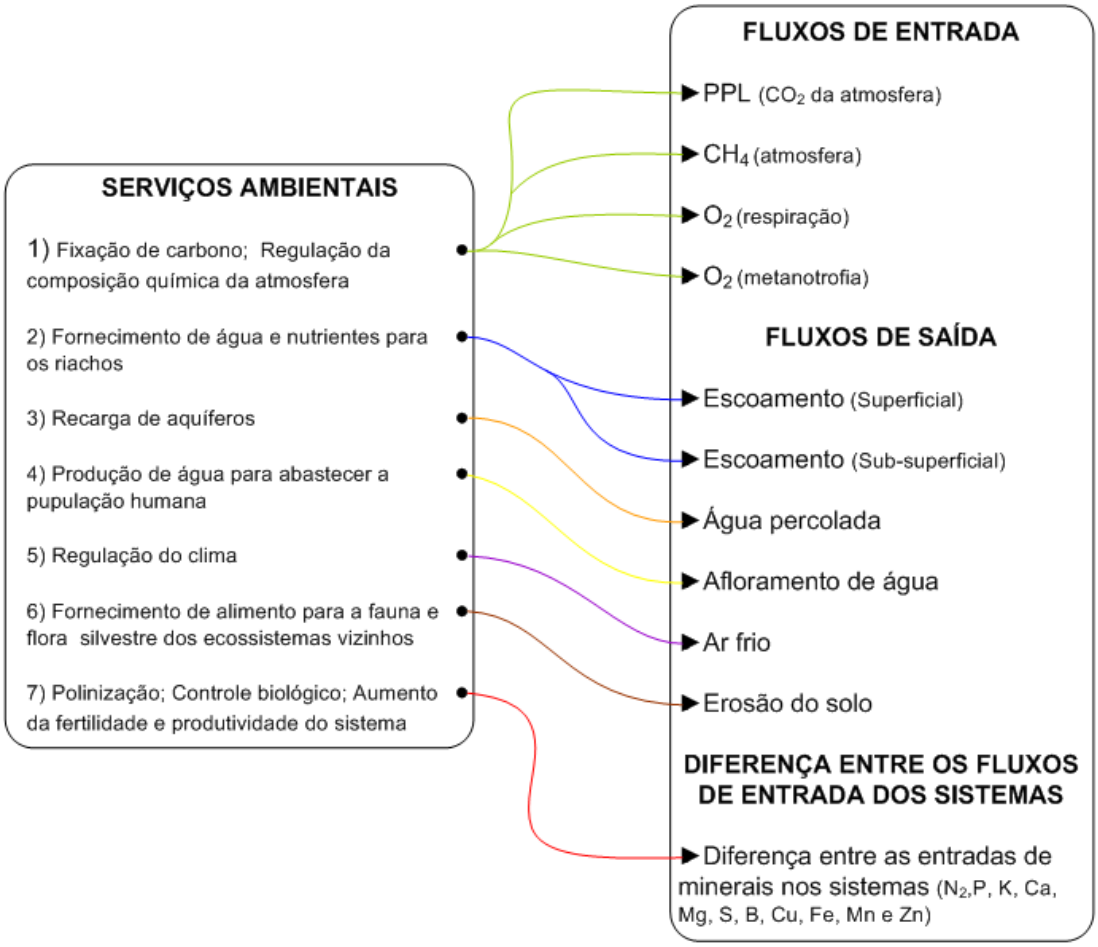

FIGURA 37. Correlação interpretativa entre os Serviços Ambientais os Fluxos analisados.

Para o sistema com 0 ano, o escoamento superficial e a erosão do solo são interpretados como danos ambientais, pois geram prejuízos ao próprio sistema e aos ecossistemas vizinhos.

4.10 VALOR DOS BENS, DOS SERVIÇOS E DOS DANOS AMBIENTAIS

Os resultados da valoração, apresentados abaixo, foram convertidos para "**EmR$**" a partir da cotação do dólar de R$ 1,61/ US$ 1,00 (cotação do dia 09/05/2011, segundo o Banco Central). Os resultados da valoração dos 17

bens ambientais estão na Tabela 25. O estoque de argila (*) foi considerado importante para a valoração da erosão do solo e seu valor é apresentado junto com os 17 estoques.

TABELA 25. Valor dos bens ambientais analisados e a descrição da sua função ecossistêmica.

Estoques (EmR$/ha)	**Valor dos estoques (bens) por sistema de estudo**					**Funções ecossistêmicas**	**Bens ambientais**
	0	**7**	**25**	**75**	**200**		
1 Biomassa verde (seca)	1.782,70	13.147,40	46.043,77	150.470,93	292.728,08	Hábitat para proteção, suporte e manutenção da vida silvestre.	Matéria prima; Estoque de energia; Estoque de carbono.
2 Biomassa microbiana	61,28	2.919,17	15.481,63	63.057,41	360.211,04	Fixação, decomposição e ciclagem de nutrientes.	Decompositores.
3 Matéria orgânica (solo)	51,81	2.435,61	12.992,53	53.576,79	308.781,29	Suporte e manutenção da vida silvestre; Regulação e manutenção dos fluxos hidrológicos.	Nutrientes; Estrutura edáfica.
4 Nitrogênio (solo)	1,78	85,12	451,97	1.851,39	10.661,26		
5 Fósforo (solúvel)	0,07	3,41	17,98	73,97	430,56		
6 Potássio (solúvel)	0,21	9,74	51,97	212,88	1.230,25		
7 Cálcio (solúvel)	1,62	75,54	402,28	1.661,87	9.562,56		
8 Magnésio (solúvel)	0,23	10,96	58,73	240,63	1.394,37		
9 Hidrogênio (solúvel)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
10 Alumínio (solúvel)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
11 Enxofre (solúvel)	0,12	5,62	29,74	122,10	719,98		
12 Boro (solúvel)	0,00	0,13	0,69	2,81	16,24		
13 Cobre (solúvel)	0,00	0,06	0,33	1,36	7,82		
14 Ferro (solúvel)	0,05	2,67	13,70	55,70	324,89		
15 Manganêz (solúvel)	0,08	3,90	21,00	86,77	499,29		
16 Zinco (solúvel)	0,00	0,18	0,96	3,91	22,79		
17 Estrutura do solo	0,00	2.105,31	7.534,30	22.746,67	62.517,84	Regulação e manutenção dos fluxos hidrológicos; Permite o desenvolvimento da riqueza biológica do solo.	Estrutura edáfica e rizosfera.
* Argila (solo)	2.583.248,07	1.686.732,11	1.656.729,33	1.462.368,21	1.665.457,88	Reter água e sais minerais em quantidade necessária para a fertilidade do solo e o crescimento das plantas.	Argila.

A Tabela 26 contém os resultados da valoração dos serviços ambientais internos; definidos assim, pois seu maior aproveitamento é feito pelo próprio sistema na manutenção e aumento dos estoques, sendo também importante para a manutenção dos fluxos de saída.

TABELA 26. Valor dos serviços internos e a descrição da sua função ecossistêmica.

Fluxos interno (EmR$/ha.ano)	**Valor dos estoques (bens) por sistema de estudo**					**Funções ecossistêmicas**	**Serviços ambientais internos**
	0	**7**	**25**	**75**	**200**		
2 Biomassa (serapilheira seca)	113,69	1.236,69	1.348,84	2.179,20	6.795,93	Regulação e manutenção da ciclagem de nutrientes; Produção de alimento para vida silvestre; Regulação e manutenção dos fluxos hidrológicos.	Proteção e formação de solo; Controle da erosão.
3 Nitrogênio (serapilheira)	1,79	19,45	21,22	34,28	106,90	Regulação e manutenção da ciclagem de nutrientes; Produção de alimento para vida silvestre.	Ciclagem de nutrientes.
4 Fósforo (serapilheira)	0,07	0,78	0,85	1,37	4,28		
5 Potássio (serapilheira)	0,21	2,25	2,45	3,97	12,37		
6 Cálcio (serapilheira)	1,61	17,55	19,14	30,92	96,43		
7 Magnésio (serapilheira)	0,23	2,54	2,77	4,47	13,93		
8 Enxofre (serapilheira)	0,12	1,30	1,42	2,29	7,14		
9 Boro (serapilheira)	0,00	0,03	0,03	0,05	0,16		
10 Cobre (serapilheira)	0,00	0,01	0,02	0,03	0,08		
11 Ferro (serapilheira)	0,05	0,59	0,64	1,03	3,22		
12 Manganêz (serapilheira)	0,08	0,90	0,98	1,59	4,96		
13 Zinco (serapilheira)	0,00	0,04	0,05	0,07	0,23		

Separadamente dos 17 estoques valorados, foi realizada a valoração do estoque de riqueza vegetal da Mata Atlântica (Anexo 1). Estes resultados estão apresentados na Tabela 27 e foram calculados em "**EmUS$**".

TABELA 27. Valor comparado da riqueza vegetal.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
1	Riqueza de espécies arbóreas (ORREL, 1998)	**20**	espécie/área	**1,1E+19**	*271*	**2,2E+20**	**76.124.567,47**
	Riqueza de espécies arbóreas (ORREL, 1998)	**1**	espécie	**1,1E+19**	*271*	**1,1E+19**	**3.806.228,37**
2	Riqueza de espécies vegetais (Mata Atlântica)	**20.000**	espécie/área	**1,6E+19**	*272*	**3,1E+23**	**108.456.747.404,84**
	Riqueza de espécies vegetais (Mata Atlântica)	**1**	espécie	**1,6E+19**	*272*	**1,6E+19**	**5.422.837,37**

Orrel (1998) citado por Brown e Bardi (2001), calculou o valor da riqueza vegetal de uma área florestal na América do Norte (floresta temperada) chegando aos valores expressos no item 1 da Tabela 27. Neste trabalho aplicou-se esta mesma metodologia para a área de Mata Atlântica do Brasil (calculado no Anexo 1) e obteve-se os valores apresentados no item 2 da Tabela 27. Neste sentido pode-se dizer, de forma genérica, que existe uma diferença de US$ 1.616.609,00 entre as espécies vegetais das regiões temperadas e as espécies das regiões tropicais. Esta diferença está relacionada, principalmente, pela diferença da entrada de chuva no sistema, evidenciando a importância do fluxo hidrológico.

A tabela 28 contém os resultados da valoração da riqueza de espécies vegetais dos sistemas de acordo com o seu trabalho realizado. Considerou-se como trabalho a captação de toda a Emergia de entrada no sistema.

TABELA 28. Valor da riqueza vegetal dos sistemas de estudo em função do trabalho realizado.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
3	Riqueza de espécies vegetais (trabalho anual - 0 ano)	**1**	espécie/ha	**6,4E+15**	*273*	**6,4E+15**	**2.216,21**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho anual - 0 ano)	**1**	espécie	**6,4E+15**	*273*	**6,4E+15**	**2.216,21**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho anual - 7 anos)	**55**	espécie/ha	**1,6E+14**	*274*	**8,7E+15**	**3.008,05**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho anual - 7 anos)	**1**	espécie	**1,6E+14**	*274*	**1,6E+14**	**54,69**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho anual - 25 anos)	**62**	espécie/ha	**1,6E+14**	*275*	**9,9E+15**	**3.433,53**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho anual - 25 anos)	**1**	espécie	**1,6E+14**	*275*	**1,6E+14**	**55,38**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho anual - 75 anos)	**99**	espécie/ha	**1,1E+14**	*276*	**1,1E+16**	**3.706,73**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho anual - 75 anos)	**1**	espécie	**1,1E+14**	*276*	**1,1E+14**	**37,44**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho anual - 200 anos)	**129**	espécie/ha	**1,1E+14**	*277*	**1,5E+16**	**5.129,94**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho anual - 200 anos)	**1**	espécie	**1,1E+14**	*277*	**1,1E+14**	**39,77**

A formação dos estoques nos sistemas (Figura 29) tende a aumentar em função do tempo de sucessão, assim como o aumento da riqueza de espécies vegetais (morfoespécies) das áreas de estudo (Figura 38).

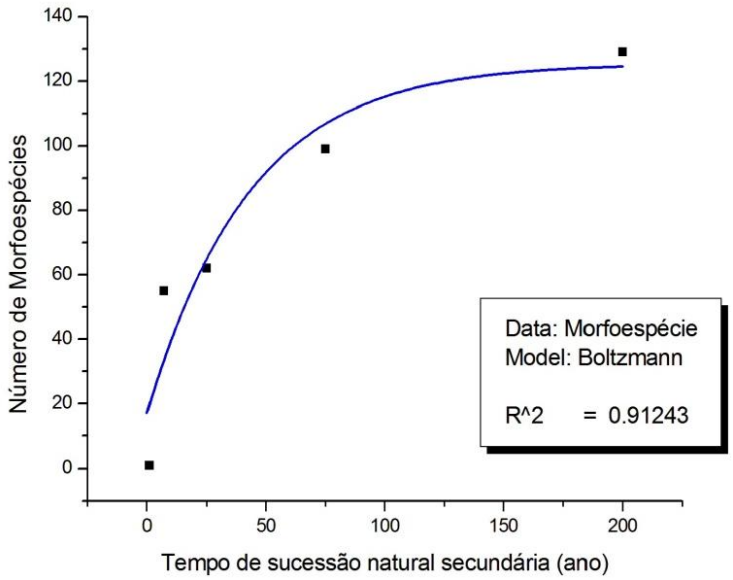

FIGURA 38. Tendência de aumento das morfoespécies nas áreas de estudo, analisado pelo Modelo Boltzmann do programa Origin 6.0.

Diante desta relação de tendências foi calculado (Anexo 1) o valor da riqueza vegetal das áreas de estudo, apresentados na Tabela 29.

TABELA 29. Valor da riqueza vegetal dos sistemas de estudo em função dos estoques formados.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	**Item**	**Valor**	**Unidade**	**Tr (seJ/uni.)**	**Ref.**	**Em Solar (seJ/uni.)**	**Valor Monetário* (EmUS$/uni.)**
4	Riqueza de espécies vegetais (trabalho em 0 ano)	**1**	espécie/ha	**7,0E+15**	*278*	**7,0E+15**	**2.437,32**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho em 0 ano)	**1**	espécie	**7,0E+15**	*278*	**7,0E+15**	**2.437,32**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho em 7 anos)	**55**	espécie/ha	**7,9E+14**	*279*	**4,3E+16**	**14.995,63**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho em 7 anos)	**1**	espécie	**7,9E+14**	*279*	**7,9E+14**	**272,65**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho em 25 anos)	**62**	espécie/ha	**2,5E+15**	*280*	**1,6E+17**	**54.197,08**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho em 25 anos)	**1**	espécie	**2,5E+15**	*280*	**2,5E+15**	**874,15**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho em 75 anos)	**99**	espécie/ha	**5,4E+15**	*281*	**5,4E+17**	**185.695,57**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho em 75 anos)	**1**	espécie	**5,4E+15**	*281*	**5,4E+15**	**1.875,71**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho em 200 anos)	**129**	espécie/ha	**1,5E+16**	*282*	**1,9E+18**	**656.098,46**
	Riqueza de espécies vegetais (trabalho em 200 anos)	**1**	espécie	**1,5E+16**	*282*	**1,5E+16**	**5.086,03**

Considerando os níveis tróficos como bens ambientais do sistema e aplicando os conceitos de Odum (1996) foi possível valorar os níveis tróficos dos sistemas estudados (Tabela 30, 31, 32 e 33).

TABELA 30. Valor dos produtores (P) dos sistemas estudados.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	Item	Valor	Unidade	Tr (seJ/uni.)	Ref.	Em Solar (seJ/uni.)	Valor Monetário* (EmUS$/uni.)
5	Nível trófico P (0 ano)	**33.540**	kg/ha	**1,0E+11**	*283*	**3,4E+15**	**1.177,88**
	Nível trófico P (0 ano)	**1**	kg	**1,0E+11**	*283*	**1,0E+11**	**0,04**
	Nível trófico P (7 anos)	**146.200**	kg/ha	**1,8E+11**	*284*	**2,6E+16**	**8.934,22**
	Nível trófico P (7 anos)	**1**	kg	**1,8E+11**	*284*	**1,8E+11**	**0,06**
	Nível trófico P (25 anos)	**519.590**	kg/ha	**1,6E+11**	*285*	**8,5E+16**	**29.436,41**
	Nível trófico P (25 anos)	**1**	kg	**1,6E+11**	*285*	**1,6E+11**	**0,06**
	Nível trófico P (75 anos)	**1.133.520**	kg/ha	**2,4E+11**	*286*	**2,7E+17**	**94.813,75**
	Nível trófico P (75 anos)	**1**	kg	**2,4E+11**	*286*	**2,4E+11**	**0,08**
	Nível trófico P (200 anos)	**1.191.950**	kg/ha	**4,5E+11**	*287*	**5,4E+17**	**186.039,76**
	Nível trófico P (200 anos)	**1**	kg	**4,5E+11**	*287*	**4,5E+11**	**0,16**

TABELA 31. Valor dos Consumidores Primários (C1) dos sistemas estudados.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	Item	Valor	Unidade	Tr (seJ/uni.)	Ref.	Em Solar (seJ/uni.)	Valor Monetário* (EmUS$/uni.)
5	Nível trófico C1 (0 ano)	**3.354**	kg/ha	**1,0E+12**	*288*	**3,4E+15**	**1.177,88**
	Nível trófico C1 (0 ano)	**1**	kg	**1,0E+12**	*288*	**1,0E+12**	**0,35**
	Nível trófico C1 (7 anos)	**14.620**	kg/ha	**1,8E+12**	*289*	**2,6E+16**	**8.934,22**
	Nível trófico C1 (7 anos)	**1**	kg	**1,8E+12**	*289*	**1,8E+12**	**0,61**
	Nível trófico C1 (25 anos)	**51.959**	kg/ha	**1,6E+12**	*290*	**8,5E+16**	**29.436,41**
	Nível trófico C1 (25 anos)	**1**	kg	**1,6E+12**	*290*	**1,6E+12**	**0,57**
	Nível trófico C1 (75 anos)	**113.352**	kg/ha	**2,4E+12**	*291*	**2,7E+17**	**94.813,75**
	Nível trófico C1 (75 anos)	**1**	kg	**2,4E+12**	*291*	**2,4E+12**	**0,84**
	Nível trófico C1 (200 anos)	**119.195**	kg/ha	**4,5E+12**	*292*	**5,4E+17**	**186.039,76**
	Nível trófico C1 (200 anos)	**1**	kg	**4,5E+12**	*292*	**4,5E+12**	**1,56**

TABELA 32. Valor dos Consumidores Secundários (C2) dos sistemas estudados.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	Item	Valor	Unidade	Tr (seJ/uni.)	Ref.	Em Solar (seJ/uni.)	Valor Monetário* (EmUS$/uni.)
5	Nível trófico C2 (0 ano)	**335**	kg/ha	**1,0E+13**	*293*	**3,4E+15**	**1.177,88**
	Nível trófico C2 (0 ano)	**1**	kg	**1,0E+13**	*293*	**1,0E+13**	**3,51**
	Nível trófico C2 (7 anos)	**1.462**	kg/ha	**1,8E+13**	*294*	**2,6E+16**	**8.934,22**
	Nível trófico C2 (7 anos)	**1**	kg	**1,8E+13**	*294*	**1,8E+13**	**6,11**
	Nível trófico C2 (25 anos)	**5.196**	kg/ha	**1,6E+13**	*295*	**8,5E+16**	**29.436,41**
	Nível trófico C2 (25 anos)	**1**	kg	**1,6E+13**	*295*	**1,6E+13**	**5,67**
	Nível trófico C2 (75 anos)	**11.335**	kg/ha	**2,4E+13**	*296*	**2,7E+17**	**94.813,75**
	Nível trófico C2 (75 anos)	**1**	kg	**2,4E+13**	*296*	**2,4E+13**	**8,36**
	Nível trófico C2 (200 anos)	**11.920**	kg/ha	**4,5E+13**	*297*	**5,4E+17**	**186.039,76**
	Nível trófico C2 (200 anos)	**1**	kg	**4,5E+13**	*297*	**4,5E+13**	**15,61**

TABELA 33. Valor dos Consumidores Terciários (C3) dos sistemas estudados.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	Item	Valor	Unidade	Tr (seJ/uni.)	Ref.	Em Solar (seJ/uni.)	Valor Monetário* (EmUS$/uni.)
5	Nível trófico C3 (0 ano)	**34**	kg/ha	**1,0E+14**	*298*	**3,4E+15**	**1.177,88**
	Nível trófico C3 (0 ano)	**1**	kg	**1,0E+14**	*298*	**1,0E+14**	**35,12**
	Nível trófico C3 (7 anos)	**146**	kg/ha	**1,8E+14**	*299*	**2,6E+16**	**8.934,22**
	Nível trófico C3 (7 anos)	**1**	kg	**1,8E+14**	*299*	**1,8E+14**	**61,11**
	Nível trófico C3 (25 anos)	**520**	kg/ha	**1,6E+14**	*300*	**8,5E+16**	**29.436,41**
	Nível trófico C3 (25 anos)	**1**	kg	**1,6E+14**	*300*	**1,6E+14**	**56,65**
	Nível trófico C3 (75 anos)	**1.134**	kg/ha	**2,4E+14**	*301*	**2,7E+17**	**94.813,75**
	Nível trófico C3 (75 anos)	**1**	kg	**2,4E+14**	*301*	**2,4E+14**	**83,65**
	Nível trófico C3 (200 anos)	**1.192**	kg/ha	**4,5E+14**	*302*	**5,4E+17**	**186.039,76**
	Nível trófico C3 (200 anos)	**1**	kg	**4,5E+14**	*302*	**4,5E+14**	**156,08**

Os Serviços Ambientais foram calculados em "**EmR$**" e são apresentados nas Tabelas 34, 35 e 36.

TABELA 34. Valor do Serviço Ambiental correlacionado com os fluxos de entrada dos sistemas de estudo.

Entradas (EmR$/ha.ano)	Idade da áreas (ano)					**Função ecossistêmica**	**Serviços ambientais**
	0	**7**	**25**	**75**	**200**		
PPL (CO_2 da atmosfera)	1.908,04	2.075,46	2.778,53	2.579,69	271,52	Crescimento e manutenção da estrutura vegetal e da microbiota do solo; Regulação da composição química da atmosfera.	Fixação de carbono; Regulação da composição química da atmosfera.
CH_4 (atmosfera)	0,00	0,02	0,13	0,15	0,96		
O_2 (para respiração)	0,14	0,08	0,12	0,14	0,02		
O_2 (para metanotrofia)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		
sub-total	**1.908,18**	**2.075,57**	**2.778,79**	**2.579,98**	**272,50**		

TABELA 35. Valor dos Serviços Ambientais correlacionados com os fluxos de saída dos sistemas de estudo.

Saídas (EmR$/ha.ano)	Idade das áreas (ano)					**Função ecossistêmica**	**Serviços ambientais**
	0	**7**	**25**	**75**	**200**		
Escoamento (Superficial)	0,00	795,46	519,43	175,38	59,63	Manutenção e regulação dos fluxos hidrológicos e energéticos nos ecossistemas.	Fornecimento de água e nutrientes para os riachos.
Escoamento (Sub-superficial)	136,80	136,80	99,60	85,06	71,56		
Água percolada	136,92	262,58	424,12	591,26	703,63	Manutenção e regulação dos fluxos hidrológicos.	Recarga de aquíferos.
Afloramento de água	0,00	0,00	1,04	4,36	0,00	Afloramento de água para o ecossistema; Formação dos recursos hídricos superficiais.	Produção de água para abastecer a pupulação humana.
Ar frio	0,00	57,02	56,16	52,64	56,68	Manutenção dos fluxos hidrológicos e controle da temperatura do ecossistema.	Regulação do clima.
Erosão do solo	0,00	692,79	223,97	95,11	115,49	Manutenção das cadeias e teias tróficas externas ao sistema.	Fornecimento de alimento para a fauna e flora silvestre dos ecossistemas vizinhos.
sub-total	**273,72**	**1.944,65**	**1.324,33**	**1.003,80**	**1.006,98**		

TABELA 36. Valor dos Serviços Ambientais correlacionados com os fluxos de entrada de nutrientes dos sistemas de estudo.

Diferença entre as entradas (EmR$/ha.ano)	Idade das áreas (ano)					**Função ecossistêmica**	**Serviços ambientais**
	0	**7**	**25**	**75**	**200**		
Diferença entre as entradas de minerais nos sistemas	0,00	142,27	484,48	1.409,57	3.535,45	Regulação e manutenção de cadeias e teias tróficas; Resiliência do sistema.	Polinização; Controle biológico; Aumento da fertilidade e produtividade do sistema.

Na Tabela 36, é apresentado o valor da curva de ajuste dos resultados brutos pelo Modelo Boltzmann. A diferença entre as entradas de nutrientes podem ser consideradas como o trabalho realizado pela biota, assim este trabalho seria responsável pelos serviços de polinização, aumento da estabilidade/resiliência e da produtividade do próprio sistema e dos ecossistemas vizinhos ou mais próximos.

O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) estaria relacionado a estes sete Serviços apresentados acima, pois as populações humanas e os sistemas produtivos são, principalmente, beneficiados por estes serviços. A Figura 39 representa a variação da somatória dos serviços prestados, que tende a estabilizar, e a Figura 40 apresenta a variação da porcentagem (Anexo 1) dos serviços ambientais, ambos em função do tempo de sucessão natural secundária.

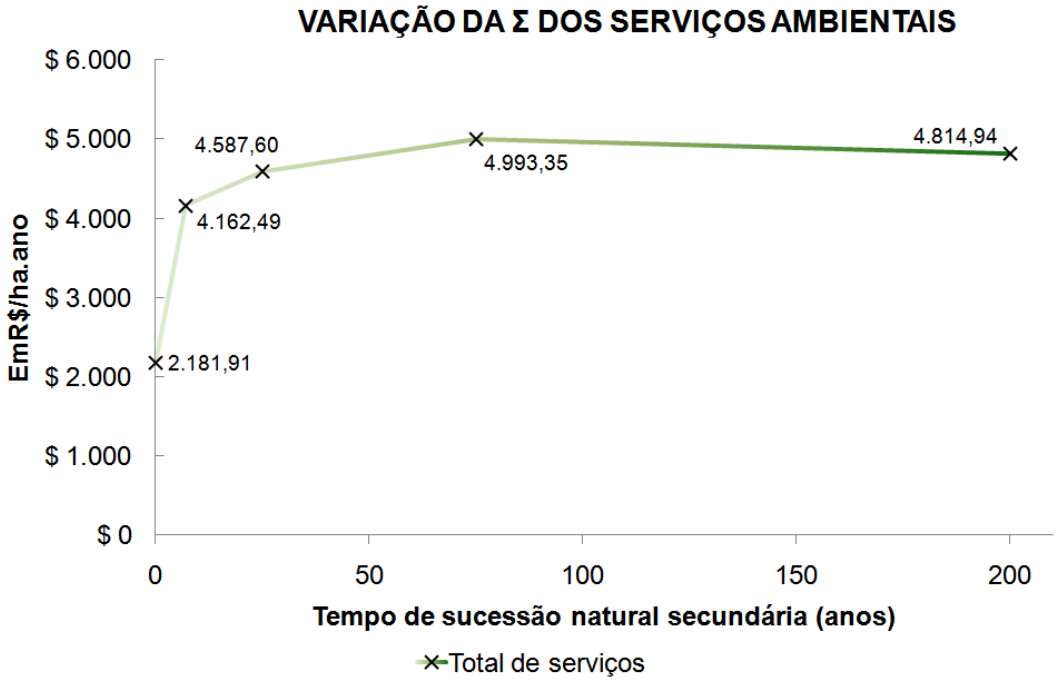

FIGURA 39. Variação da somatória dos serviços ambientais, passíveis de comercialização, em função do tempo de sucessão natural secundária.

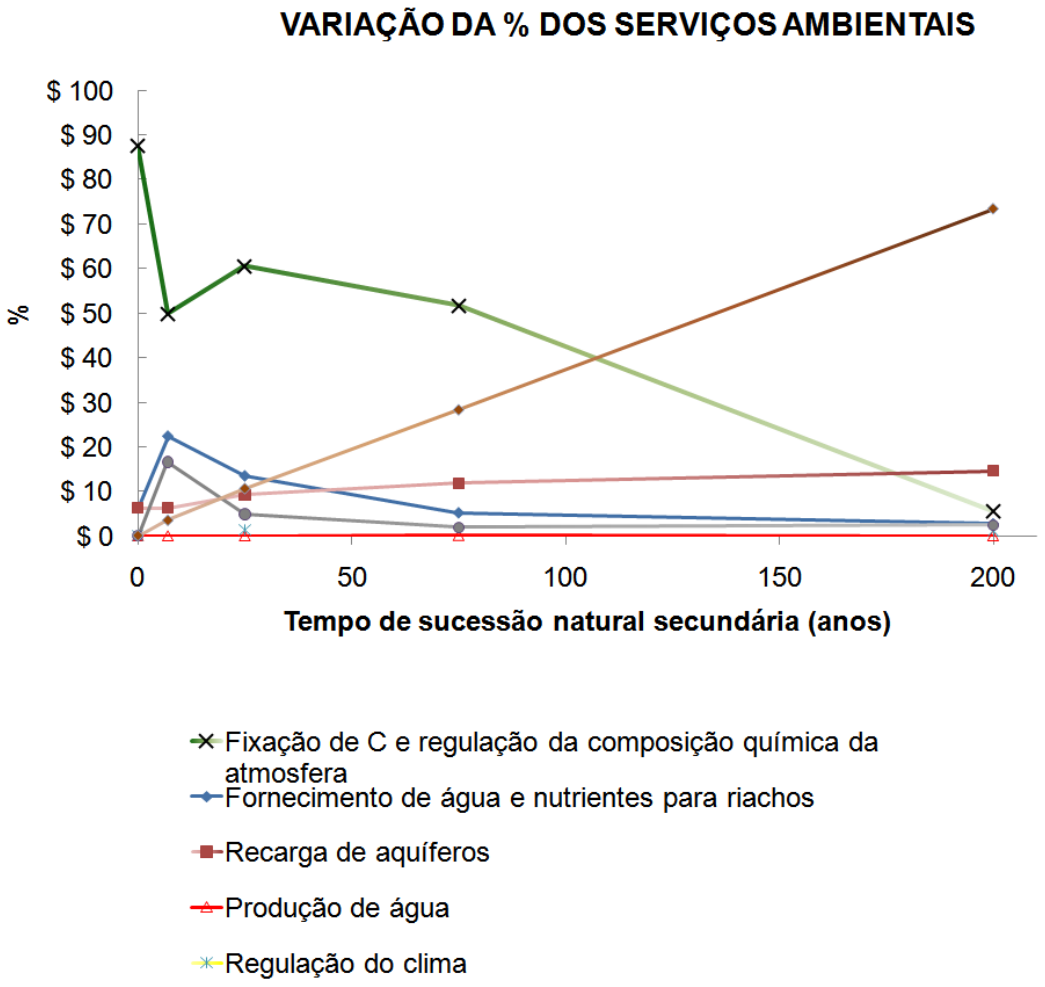

FIGURA 40. Variação das porcentagens dos serviços ambientais, passíveis de comercialização, em função do tempo de sucessão natural secundária.

Neste estudo não foram valorados os serviços da produção de alimentos com a meliponicultura e os serviços de turismo, lazer e cultura que também podem ser comercializados nessas áreas, mas sua importância foi considerada nos diagramas funcionais. Os serviços culturais, espirituais e artísticos também não foram valorados pois dependes das crenças de cada população.

Os sistema com 0 ano apresenta dois grandes fluxos de saída, o escoamento superficial e a erosão do solo. Como estas saídas são prejudiciais ao próprio sistema e aos ecossistemas da região, foi feita uma correlação com os Danos Ambientais que estes fluxos causam, bem como sua Conseqüência Ecossistêmica, com estes valores sendo apresentados na Tabela 37.

TABELA 37. Valor dos danos e das conseqüências ecossistêmicas causadas pela intensa saída de fluxos do sistema.

Saídas (EmR$/ha.ano)	**Idade das áreas (ano)**					**Consequências ecossitêmicas**	**Danos ambientais**
	0	**7**	**25**	**75**	**200**		
Escoamento (Superficial)	917,50	0,00	0,00	0,00	0,00	Alterações nos fluxos hidrológicos	Formação de processos erosivos
Erosão do solo	30.914,78	0,00	0,00	0,00	0,00	Degradação do ecossistema e perda do potencial de regeneração	Perda de estrutura edáfica e nutrientes

Diante destes resultados, foi feito um balanço entre o valor dos Serviços prestados e o valor dos Danos causados em cada sistema. Os sistemas, durante o processo de sucessão natural secundária, param de perder estoques (bens) e causar danos ambientais e passam a formar estoques e prestar serviços ambientais; estes serviços tendem a estabilizar em função do tempo de sucessão, como ilustra a Figura 41.

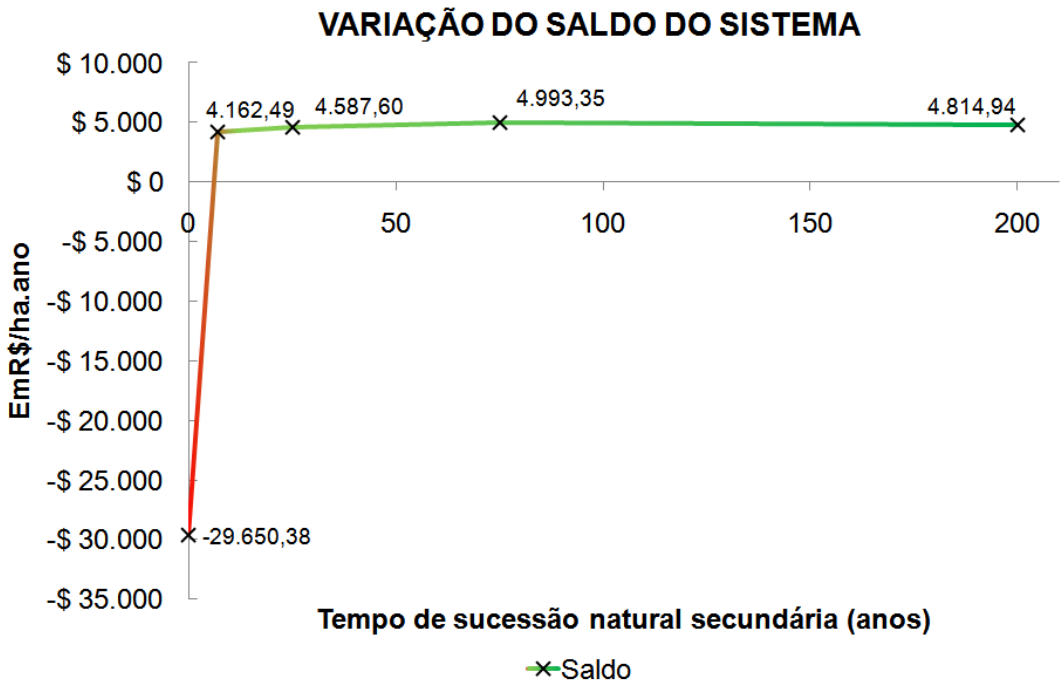

FIGURA 41. Variação do balanço econômico entre os serviços prestados e os danos causados pelos sistemas estudados.

Na Figura 42 pode ser observada a correlação entre o saldo e a erosão do solo dos sistemas de estudo. Esta correlação é inversamente proporcional;

desta maneira, o saldo só passa a ser positivo quando os estoques param de ser erodidos.

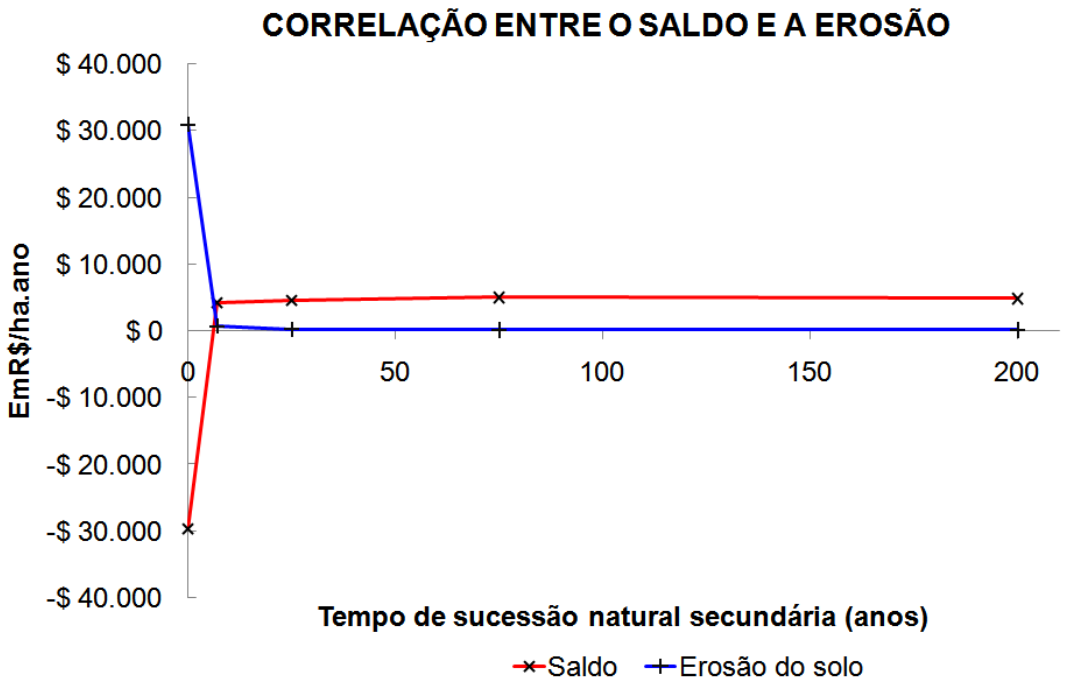

FIGURA 42. Correlação, inversamente proporcional, entre o saldo e a erosão de solo dos sistemas.

5 CONCLUSÕES

É possível estabelecer uma relação entre os valores emergéticos dos ecossistemas florestais e os valores econômicos da macroeconomia.

A construção do modelo (Software) de valoração emergética evidenciou os diferentes valores das Áreas de Preservação Permanente, bem como sua importância econômica relativa aos bens e serviços que possuem valor de mercado.

A avaliação emergética consiste em um método que pode ser utilizado para fazer a valoração econômica dos Bens, Serviços e Danos Ambientais com base no funcionamento dos ecossistemas florestais, oferecendo um contraponto para subsidiar discussões no âmbito da Economia Ecológica e da Política Pública.

A sociedade é a maior beneficiária dos Serviços Ambientais durante o processo de sucessão natural secundária, um argumento que pode ser utilizado nos debates sobre as alterações do Código Florestal.

Os valores intrínsecos das florestas mudam em função do seu estágio sucessional, confirmando a hipótese deste estudo.

O valor econômico dos bens, serviços e danos ambientais evidenciam para os agricultores a importância da manutenção de áreas florestadas dentro dos agroecossistemas.

Os valores econômicos apresentados podem servir para reflexão dos agricultores, dos seus representantes e da sociedade civil, sobre a importância

destas áreas para os processos de tomada de decisão e formulação de Políticas Públicas Democráticas tanto pelo Poder Legislativo como pelo Executivo e que preconizem Planos de: Uso e Ocupação do Solo, de Pagamento por Serviços Ambientais (ou incentivos fiscais) e Programas de Restauração Florestal.

O Poder Legislativo pode utilizar estes resultados como referência para legislar sobre danos e/ou impactos ambientais, visto que os impactos danificam ou esgotam os bens, reduzem os serviços e causam danos ambientais

O Poder Judiciário pode utilizar estes resultados como referência para calcular multas por danos e/ou impactos ambientais.

Diante de um desafio transdisciplinar, este trabalho apresenta os resultados de um primeiro esforço neste campo de investigação no Brasil; assim, aprimoramentos precisam ser feitos com o desenvolvimento de novas pesquisas neste tema, em diferentes biomas com áreas em processo de Sucessão Natural e Restauração Florestal.

6 SUGESTÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interpolação dos valores estimados neste estudo não pode ser aplicada para estimar o valor de outras florestadas com idades diferentes. Para estimar o valor econômico de outras florestas é preciso levantar os dados primários, e se necessários dados secundários, para replicar a metodologia desenvolvida neste estudo.

Este trabalho pode ser replicado e aprimorado com o emprego do Software LEIA 0-200 Versão 19.17.13.06 em diferentes áreas florestadas, independentemente de serem Áreas de Preservação Permanente ou não.

As porcentagens dos Serviços prestados podem servir como referência para o cálculo do valor dos *serviços ambientais associados ao crédito de carbono*, uma vez que o serviço de fixação de carbono corresponde a porcentagem de um entre os sete serviços ambientais valorados neste estudo. Este valor estaria relacionado com o preço do crédito de carbono, comercializado de forma voluntária no Brasil.

Este mecanismo pode ser empregado também nos projetos de Redução das Emissões geradas com Desmatamento e Degradação (REED) florestal nos Países em Desenvolvimento; mecanismo de compensação financeira pela preservação de suas florestas.

O Modelo do Software LEIA 0-200 Versão 19.17.13.06 precisa ser calibrado, com a obtenção de dados primários mais precisos para “alimentar” o software; posteriormente, poderá ser validado com testes de simulação em

diferentes escalas.

Quantificar os nutrientes totais do solo e calcular a diferença entre os nutrientes solúveis pode evidenciar com mais precisão o aporte/incremento de nutrientes no solo pela deposição de serapilheira e ação da biota edáfica.

Quantificar os nutrientes carreados pela chuva evidenciará importantes entradas nos sistemas florestais.

Para aprimorar o cálculo do valor dos estoques de produtores, consumidores e decompositores da teia trófica dos ecossistemas florestais é preciso realizar levantamentos fitossociológicos e da fauna, bem como da micro-fauna, da meso-fauna e da macro-fauna edáfica.

É muito importante dar continuidade aos estudos, nas mesmas áreas e em diferentes biomas e áreas de transição, visando à construção de séries históricas para aprimorar a modelagem emergética dos ecossistemas florestais no Brasil.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, F. D. R. **Uso de análise emergética e sistemas de informações geográficas no estudo de pequenas propriedades agrícolas.** 2005. 226f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2005.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Editorial Nordan-Comunidad, Montivideo, 1999. 338 p.

ALVES, D.S. et al. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondonia, western brazillian amazon. **Global Change Biology** vol.3, n. 5, 451- 461p. 1997.

AREVALO, L. A., et al. **Metodologia para Estimar o Estoque de Carbono em Diferentes Sistemas de Uso da Terra**. Colombo: Embrapa Florestas – CNPA, 2002. 38p. (Documento 73).

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxa de câmbio**. Disponível em: http://www.bcb.gov.br/. Acesso em: 09 mai. 2011.

BARCELOS, J. H. et al. Ocupação do Leito Maior do Ribeirão Claro por Habitações. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 7 vol. (13/14), 129 – 145 p. 1995.

BASTIANONI, S. et al. **The solar transformity os petroleum fuels**. Ecological Modelling. New York: Ed. Elsevier, 2009. 220p.

BEGON, M. et al. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas**. 4ª Edição. Porto Alegre: Artmed Editora S/A, 2007, 740 p.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 1, de 31 de janeiro de 1994.** Brasília, 1994. p.1684-1685.

BRASIL. Presidência da República. **Medida Provisória 2166-67, de 24 de agosto de 2001**. Altera os arts. 1o, 4o, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei no 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2166-67.htm>. Acesso em: 24/Nov. 2009. Publicada no D.O.U. de 25 ago 2001 - Edição extra.

BRASIL. Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. In: BRASIL. Presidência da República. **Presidência da República Federativa do Brasil**: legislação. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: Acesso em: 24/Nov. 2009. Publicada no D.O.U. de 16 set. 1965 e retificada em 28 set. 1965.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy Evaluation of the Biosphere and Natural Capital. **Ambio**. Swedish, Vol. 28, No. 6. 486-493p. 1999.

BROWN M.T.; E. BARDI. Emergy of Ecosystems**.** In:_____ **Handbook of Emergy Evaluation,** Gainesville: Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. Florida, July, 2001. 94p.

BUENFIL, A. A. **Emergy evaluation of water**. 2001. 264p. Dissertation (Degree of Doctor of Philosophy). University of Florida, Gainesville, 2001.

CAIRNS, M.A. et al. Biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologica,** 111, 1997. 1–11 p.

COELHO, O. ORTEGA, E.; E COMAR, V. **Balanço de Emergia do Brasil** (Dados de 1996, 1989 e 1981). Disponível em: http://www.fea.unicamp.br /docentes/ortega/livro/index.htm . Acesso em: 27 ago. 2010.

COHEN, M. J. Dynamic Emergy Simulation of Soil Genesis and Techniques for Estimating Transformity Confidence Envelopes. In: 2th Biennial Emergy Analysis Research Conference, Gainesville. **Proceedings…** Gainesville, Univ. Florida, USA. 2003. 355-369 p.

COHEN, M.J., SWEENEY, S., BROWN, M.T. Computing the Unit Emergy Value of Crustal Elements. In: 4th Biennial Emergy Analysis Research Conference, Gainesville. **Proceedings…** Gainesville, Univ. Florida, USA. 2007. 16.1 – 16.12p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 369 de 20 mar. 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Ministério do Meio Ambiente [*home page*]**: legislação. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489 >. Acesso em: 24/Nov. 2009. Publicada no D.O.U. n. 61, de 29 março 2006, Seção 1, p. 150 -151.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 302 de 20 mar. 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Ministério do Meio Ambiente [*home page*]**: legislação. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=298>. Acesso em: 24/Nov. 2009. Publicada no D.O.U. n. 90, de 13 maio 2002, Seção 1, páginas 67-68.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 303 de 20 mar. 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Ministério do Meio Ambiente [*home page*]**: legislação. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>. Acesso em: 24/Nov. 2009. Publicada no D.O.U. n. 90, de 13 maio 2002, Seção 1, p. 68.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 1, de 31 de janeiro de 1994. Publicada no DOU nº 24, de 3 de fevereiro de 1994, Seção 1, p.1684-1685.

CONSTANZA, R., et al. The value of world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, 253-260 p.1997.

CONWAY, G.R. The Properties of Agroecosystems. **Agricultural Systems**. Great Britain, nº 24. 95-117 p.1987.

CRECESB. 2010. **Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio de Salvo Brito.** Disponível em: http://www.cresesb. cepel.br/ Acesso em: 27 ago. 2010.

D'AGOSTINI, L. R. SCHLINDWEIN, S. L. **Sobre o conceito de agroecossistema**. Florianópolis: UFSC-CCA. 1999. 171p.

DE GROOT, R.S. **Functions of Nature**. Amsterdam, Ed. Wolters-Noordhoff, 1992. 315 p.

FEARNSIDE, P. M. **Humam carrying capacity of the Brazilian rainforest**. Columbia University Press, New York, EUA, 1986. 293p.

FUJIEDA, M. K., T.; CICCO, V.; CARVALHO, J. L. Hydrological processes at two subtropical forest catchments: the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. **Jornal of Hydrology** 196, 1997. 26-46 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia:** processos ecológicos em agricultura sustentável. 2ªed., Ed. UFRGS, Porto Alegre: 2009. 653p.

HOLANDA, F. S. R. A gestão dos recursos hídricos e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Informe UFS,** São Cristóvão, ano IX. nº312. jan. 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Canal Países. 2007.** Disponível em: http://www.ibge.gov.br/paisesat/main.php Acesso em: 27 ago. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Canal Países. 2008.** Disponível em: http://www.ibge.gov.br/paisesat/main.php Acesso em: 27 ago. 2010.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, B. F.; OLIVEIRA, R. E. de. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 2008.

KNIEF, C. et al. Diversity of Methanotrophic Bacteria in Tropical Upland Soils under Different Land Uses. **Applied and environmental microbiology**, Vol. 71, nº 7. 3826–3831p. jul. 2005

LEIA.- Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada **Módulo I.**

Disponível em: http://www.unicamp.br/fea/ortega/ Acesso em: 27 ago. 2010.

_____ Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada. **Tabela de transformidades**. Disponível em: http://www.unicamp.br/fea/ortega/ extensao/modulo1.pdf Acesso em: 27 ago. 2010.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras** - Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil- vol. 01 - 4. ed**.** Nova Odessa, SP Ed. Instituto Plantarum. 2002. 384 p.

_____ **Árvores Brasileiras -** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**.** vol. 02 - 4. ed**.** Nova Odessa, SP Ed. Instituto Plantarum. 2002. 384 p.

MARTEN, G. C. Productivity, Stability, Sustainability, Equitibability and Autonomy as Properties for Agroecosystem Assessment. **Agricultural Systems.** nº 26, 291-316 p. 1988.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. **Relatório-Síntese da Avaliação Ecossistêmica do Milênio.** 2003. Disponível em: http://www.millenniumassessment.org . Acesso em: 27 ago. 2010.

_____ Millennium Ecosystem Assessment. **Relatório-Síntese da Avaliação Ecossistêmica do Milênio.** 2005. Disponível em: http://www.millenniumassessment.org . Acesso em: 27 ago. 2010

NASA. **Surface meteorology an Solar Energy** Disponível em: http:/ /eosweb.larc.nasa.gov/sse/ Acesso em: 27 ago. 2010.

ODUM, E. P. **Ecologia**. 1 ed.. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 1998. 424 p.

ODUM, H. T. Trophic structure and productivity of Silver Springs, Florida.

Ecological Monographs in: The Ecological Society of America, vol. 27, nº. 1, 55-112 p. 1957.

_____ **Environmental accounting, emergy and decision making**. New York: John Wiley & Sons. 1996. 370 p.

_____ **Emergy Accounting**. Environmental Engineering Sciences. University of Florida, Gainesville, Florida, USA. april 2000. 20p.

_____ Emergy of Global Processes**.** In: _____ **Handbook of Emergy Evaluation**, Gainesville: Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. Florida, 2000. 28p.

ODUM, H.T.; M.T. BROWN; BRANDT-WILLIAMS S.. Introduction and Global Budget**.** In: _____ **Handbook of Emergy Evaluation**. Gainesville: Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. Florida, 2000. 16 p.

ODUM, H.T.; ODUM, E.C. **Modeling for All Scales**: An Introduction to Simulation. Academic Press, San Diego CA, 2000. 458 p.

ODUM, H.T. Transformity and Simulation of Microbial Ecosystems. In: **Chapter in Emergy Synthesis:** Theory and Applications of the Emergy Methodology, Gainesville, 2002. Proceedings… Gainesville, Center for Environmental Policy, Univ. Florida, 2002. 28p.

COHEN, M. J. Dynamic Emergy Simulation of Soil Genesis and Techniques for Estimating Transformity Confidence Envelopes. In: 2th Biennial Emergy Analysis Research Conference, Gainesville. **Proceedings…** Gainesville, Univ. Florida, USA. 2003. 355-369 p.

ORTEGA, E. **New emergy indices for a prosperous way down.** In: Sixth

Biennial Emergy Research Conference. Gainesville, Center for Enviromental Policy, Univ. Florida, 2010.

ORTEGA, E. 2002. **Introdução aos diagramas de fluxo de energia em ecossistemas, conceitos básicos de eficiência sistêmica e fórmulas de cálculo energético que serão utilizadas no diagnóstico sócio-ambiental**. Disponível em: http://www.unicamp.br/fea/ortega/plan-disc/TA530-1a.htm Acesso em 27 ago. 2010.

PEREIRA, A. R. et al. **Agrometeorologia** – Fundamentos e aplicações práticas. Guaíba. Ed. Agropecuária Ltda. 2002. 478p.

PERRY, ROBERT H. **Chemical engineer's handbook**. 4. Ed. New York: McGraw-Hill, 1963.

PEZZATO, A. W.; WISNIEWSKI, C. Produção de serapilheira em diferentes seres sucessionais da floresta estacional semidecidual no oeste do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 1, jan./abr. 2006.

PUIG, H. **A floresta tropical úmida**. São Paulo. Ed. UNESP, 2008. 493p.

QUIRINO, W. F. et al. Poder calorífico da madeira e de resíduos lignocelulósicos. **Biomassa & Energia**, v.1, n.2, p.173 - 182, 2004.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres, Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343p.

RBMA. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica – Anuário Mata Atlântica. **Conceitos e abrangência**. Disponível em: http://www.rbma.org.br/anuario /mata_02_dma.asp. Acesso em: 27 ago. 2010.

RENARD, K.G. et al. The revised universal soil loss equation. In: LAL, R. **Soil Erosion**: Research Methods. Soil and Water Conservation Society, Ankey, IA and St. Lucie Press, FL. 1994. 105 – 125 pp.

RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. Guanabara Koogan. 4ª Edição, 2001. 503 p.

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

SWEENEY, S. et al .Creation of a global emergy database for standardized national emergy synthesis. In: **Emergy Synthesis 4**: Proceedings of the 4th Biennial Emergy Research Conference. Gainesville, FL, 2006. 56–78 p.

SCATENA, F. N. et al. **An emergy evaluation of Puerto Rico and the Luquillo experimental forest**. Río Piedras, PR: U.S. Departament os Agriculture, Forest Service, Internacional institute of Tropical Forestry, 2002. 79 p.

SCIENCEMAN, D. "Energy and Emergy". In PILLET, G.; MUROTA, T. "**Environmental Economics**". Roland Leimgruber, Geneva, 1987. 308 p.

TILLEY, D.R. **Emergy Basis of Forest Systems**. 310p. Dissertation (PhD) University of Florida, 1999.

TOEWS, D. W. **Agroecossystem health**: a framework for implementing sustainability in agriculture. In World Comission on environmental Development. Our common future. London: Oxford University Press, 1987.

TONHASCA Jr. A. Os serviços ecológicos da mata atlântica**. Revista Ciência**

Hoje. Rio de Janeiro, vol. 35, nº 205, página 64-67, 2004.

UKIDWE, N. U. **Thermodynamic imput-output analysis of economic and ecological systems for sustenible engineering**. Dissertation (PhD).
The Ohio State University, 2005.

ULGIATI, S.; TABACCO, A. M. **Emergy evaluation of atmospheric oxygen and nitrogen**. Paper submitted to the Second Emergy Research Conference, Gainesville. FL, 2001, 20 – 22p.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V. Quantificação dos nutrientes na serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em São Gabriel-RS, Brasil. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas nº 23, **Resumos…** 2010. Guarapari – ES, set. 2010.

VOORA, V.; THRIFT, C. **Using Emergy to Value Ecosystem Goods and Services.** International Institute for Sustainable Development. Alberta environment. Manitoba,Canada, 2010. 91p.

WATANABE, M. D. B. **Mata nativa e cana-de-açucar: cálculo do valor dos serviços ecossistêmicos vinculados aos ciclos da água, do carbono, e do nitrogênio utilizando a análise emergética.** 223P. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) UNICAM - Campinas, SP. 2008.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, **Agriculture Handbook.** nº537. 58pp. 1978.

ANEXO 1

Memorial de cálculo do Software com o modelo LEIA 0-200 Versão 19.17.13.06

1. ABAS DO SOFTWARE LEIA 0-200 VERSÃO 19-17-13-06

1.1 APRESENTAÇÃO

Para melhor visualizar o software, vá em Barra de Ferramentas e clique em Exibição → Tela Inteira

VALORAÇÃO EMERGÉTICA DOS BENS, SERVIÇOS E DANOS AMBIENTAIS DURANTE A SUCESSÃO NATURAL SECUNDÁRIA DE FLORESTAS TROPICAIS

LEIA 0-200 Versão 19-17-13-06®

[1]Roncon, Thiago J.; [3]Ortega, Enrique; [2]Beskow, Paulo R.; [2]Margarido, Luiz A. C.
[1]Pós-graduando/Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de São Carlos - Araras/Brasil
[2]Professor/Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de São Carlos - Araras/Brasil
[3]Professor/Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas - Campinas/Brasil

1.2 LEGENDA

Legenda:

Célula Amarela	Entrada de dados
Célula Cinza	Valores utilizados nas Tabelas de Avaliação Emergética
Célula Rosa	Relevância
Número Verde	Dados primários (obtidos em campo/laboratório)
Número Azul	Dados secundários (obtidos na literatura)
Número Vermelho	Dados assumidos usando senso comum, por falta de referência
Número Negrito	Dados obtidos por operações aritméticas
Número	Idade em anos das áreas (fragmentos) de estudo

1.3 FLUXOS DE ENTRADA

1.3.1 SOL

A Radiação Solar (5,17 kWh/m^2.dia) foi obtida pelas coordenadas geográficas da região no site na NASA (2010), acessado em 27/08/2010. O albedo (coeficiente de reflexão “r”) é a relação (razão) entre a radiação solar incidente e a refletida. Seu valor está entre 0 e 100 (%) e no geral, superfícies secas e de cores claras refletem mais radiação que superfícies úmidas e escuras (PEREIRA et al., 2002)

Os valores de referência para a estimativa do Albedo para todas as áreas de estudo foi obtido na literatura (PEREIRA et al., 2002), com o valor mínimo do albedo para floresta tropical (10 %) que foi considerado para a área de estudo com 200 anos, e o valor máximo para pastagem (30 %) que foi considerado para a área de estudo com 1 ano. Estes valores foram interpolados para encontrar os valores de albedo para as áreas de 7, 25 e 75 anos, pelo Modelo ExpDec1, como mostra a Figura 01; estes valores estão na Tabela 1.

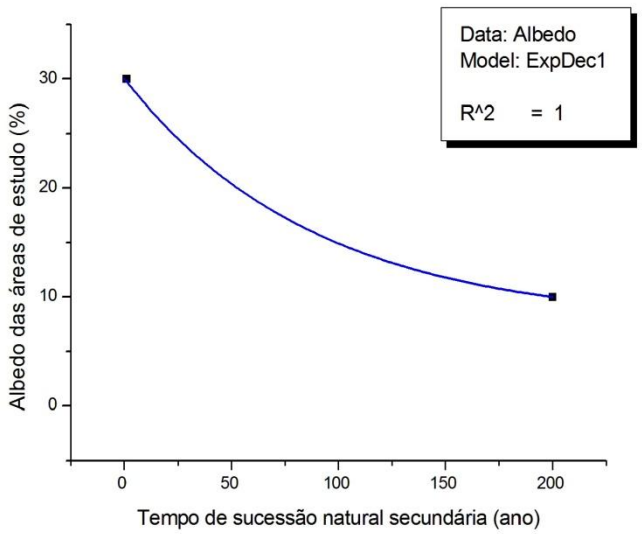

FIGURA 01 – Interpolação dos valores de albedo das áreas de estudo.

Foram empregadas as Equações 01 e 02 para conversão dos valores de radiação solar. A Tabela 01 apresenta os dados da conversão.

$$^{a}\text{Conversão} = \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2.\text{dia}} \times \frac{1\text{E4 m}^2}{\text{ha}} \times \frac{365\text{ dias}}{\text{ano}} = \frac{\text{kWh}}{\text{ha.ano}} \qquad \text{[eq. 01]}$$

$$^{b}\text{Conversão} = \frac{\text{kWh}}{\text{ha.ano}} \times \frac{3{,}6\text{E6 J}}{1\text{kWh}} \times \frac{(100 - 15)}{100} = \frac{\text{J}}{\text{ha.ano}} \qquad \text{[eq. 02]}$$

TABELA 1. Estimativa e conversão da radiação solar.

1a. Conversão da enegia solar					
Referência	Idade da área (ano)	kWh/m^2.dia	Albedo (%)	kWh/ha.ano[a]	J/ha.ano[b]
30,00	0	5,17	30,00	1,89E+07	4,76E+13
28,31	7	5,17	28,31	1,89E+07	4,87E+13
17,28	25	5,17	17,28	1,89E+07	5,62E+13
17,28	75	5,17	17,28	1,89E+07	5,62E+13
10,00	200	5,17	10,00	1,89E+07	6,11E+13

Os valores da coluna "b" foram interpolados para calcular a memória emergética dos estoques (Tabela 2). A Figura 02 ilustra a curva do Modelo de Boltzmann para os valores de entrada da energia solar nos sistemas de estudo.

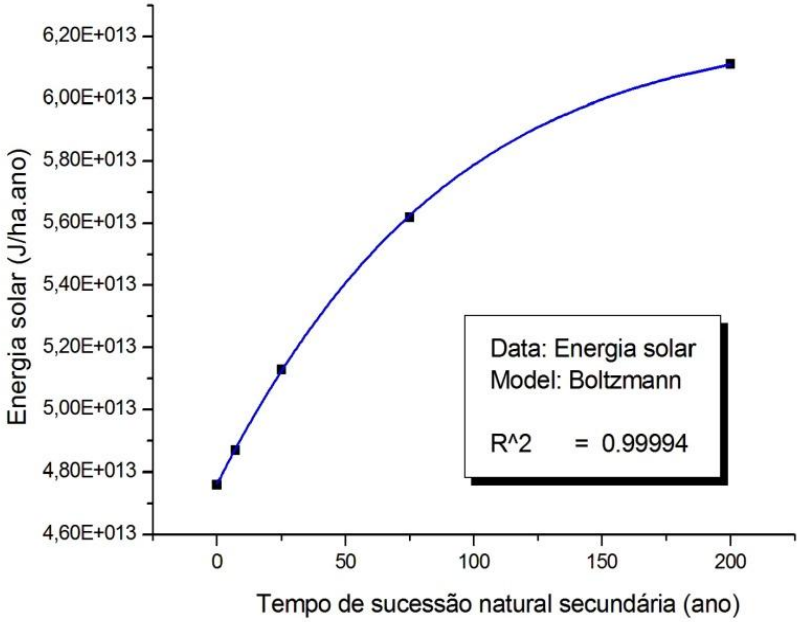

FIGURA 02 – Entrada de energia solar nos sistemas de estudo.

TABELA 2. Interpolação dos valores da coluna "b".

1b. Interpolação dos valores de entrada de energia solar									
ano	J/ha.ano[b]								
0	4,8E+13	21	5,1E+13	42	5,3E+13	63	5,5E+13	84	5,7E+13
1	4,8E+13	22	5,1E+13	43	5,3E+13	64	5,5E+13	85	5,7E+13
2	4,8E+13	23	5,1E+13	44	5,3E+13	65	5,5E+13	86	5,7E+13
3	4,8E+13	24	5,1E+13	45	5,3E+13	66	5,5E+13	87	5,7E+13
4	4,8E+13	25	5,1E+13	46	5,3E+13	67	5,5E+13	88	5,7E+13
5	4,8E+13	26	5,1E+13	47	5,3E+13	68	5,6E+13	89	5,7E+13
6	4,9E+13	27	5,1E+13	48	5,4E+13	69	5,6E+13	90	5,7E+13
7	4,9E+13	28	5,2E+13	49	5,4E+13	70	5,6E+13	91	5,7E+13
8	4,9E+13	29	5,2E+13	50	5,4E+13	71	5,6E+13	92	5,7E+13
9	4,9E+13	30	5,2E+13	51	5,4E+13	72	5,6E+13	93	5,7E+13
10	4,9E+13	31	5,2E+13	52	5,4E+13	73	5,6E+13	94	5,7E+13
11	4,9E+13	32	5,2E+13	53	5,4E+13	74	5,6E+13	95	5,7E+13
12	4,9E+13	33	5,2E+13	54	5,4E+13	75	5,6E+13	96	5,7E+13
13	5,0E+13	34	5,2E+13	55	5,4E+13	76	5,6E+13	97	5,7E+13
14	5,0E+13	35	5,2E+13	56	5,4E+13	77	5,6E+13	98	5,7E+13
15	5,0E+13	36	5,2E+13	57	5,4E+13	78	5,6E+13	99	5,7E+13
16	5,0E+13	37	5,2E+13	58	5,5E+13	79	5,6E+13	100	5,7E+13
17	5,0E+13	38	5,3E+13	59	5,5E+13	80	5,6E+13	101	5,7E+13
18	5,0E+13	39	5,3E+13	60	5,5E+13	81	5,6E+13	102	5,7E+13
19	5,0E+13	40	5,3E+13	61	5,5E+13	82	5,6E+13	103	5,7E+13
20	5,1E+13	41	5,3E+13	62	5,5E+13	83	5,7E+13	104	5,7E+13
105	5,7E+13	126	5,8E+13	147	5,9E+13	168	6,0E+13	189	6,1E+13
106	5,7E+13	127	5,8E+13	148	5,9E+13	169	6,0E+13	190	6,1E+13
107	5,7E+13	128	5,8E+13	149	5,9E+13	170	6,0E+13	191	6,1E+13
108	5,7E+13	129	5,8E+13	150	5,9E+13	171	6,0E+13	192	6,1E+13
109	5,8E+13	130	5,8E+13	151	5,9E+13	172	6,0E+13	193	6,1E+13
110	5,8E+13	131	5,8E+13	152	5,9E+13	173	6,0E+13	194	6,1E+13
111	5,8E+13	132	5,8E+13	153	5,9E+13	174	6,0E+13	195	6,1E+13
112	5,8E+13	133	5,8E+13	154	5,9E+13	175	6,0E+13	196	6,1E+13
113	5,8E+13	134	5,9E+13	155	5,9E+13	176	6,0E+13	197	6,1E+13
114	5,8E+13	135	5,9E+13	156	5,9E+13	177	6,0E+13	198	6,1E+13
115	5,8E+13	136	5,9E+13	157	5,9E+13	178	6,0E+13	199	6,1E+13
116	5,8E+13	137	5,9E+13	158	5,9E+13	179	6,0E+13	200	6,1E+13
117	5,8E+13	138	5,9E+13	159	5,9E+13	180	6,0E+13	Σ 0 ano	4,8E+13
118	5,8E+13	139	5,9E+13	160	6,0E+13	181	6,0E+13		
119	5,8E+13	140	5,9E+13	161	6,0E+13	182	6,0E+13	Σ 7 anos	3,9E+14
120	5,8E+13	141	5,9E+13	162	6,0E+13	183	6,0E+13		
121	5,8E+13	142	5,9E+13	163	6,0E+13	184	6,0E+13	Σ 25 anos	1,3E+15
122	5,8E+13	143	5,9E+13	164	6,0E+13	185	6,1E+13		
123	5,8E+13	144	5,9E+13	165	6,0E+13	186	6,1E+13	Σ 75 anos	4,0E+15
124	5,8E+13	145	5,9E+13	166	6,0E+13	187	6,1E+13		
125	5,8E+13	146	5,9E+13	167	6,0E+13	188	6,1E+13	Σ 200 anos	1,1E+16

1.3.2 CHUVA

O proprietário do Sítio Duas Cachoeiras, forneceu os dados de pluviosidade média (15900 m^3/ha.ano) anual referente à 08/2009 - 08/2010, medida in situ e na dissertação de mestrado de Agostinho (2005) empregou-se o valor de 12500 m^3/ha.ano, no presente trabalho foi calculada uma média de 14200 m^3/ha.ano entre os dois valores (Tabela 3/1). Este valor foi considerado para todos os sistemas de estudo. As Equações 03 e 04 foram empregadas na

conversão dos valores apresentados na Tabela 3/2 e a Equação 05 foi empregada na conversão dos valores apresentados na Tabela 3/3.

TABELA 3. Cálculo e conversão da chuva.

1- Valor	Unidade	Referência
15900	m^3/ha.ano	SDC (2010)
12500	m^3/ha.ano	Agostinho (2005)
14200	m^3/ha.ano	média

2 - Conversão das unidades de chuva			
Chuva	m^3/ha.ano	kg/ha.ano[a]	J/ha.ano[b]
	14.200	**1,42E+07**	**7,01E+10**

Energia livre de Gibbs = 4940 J/kg (ODUM, 2000)

3 - Energia cinética da chuva			
Chuva	kg/ha.ano	$(m/s)^2$	J/ha.ano[c]
	1,42E+07	57,30	**8,14E+08**

$Ec=m.v^2/2$

$Ec= (kg/ha.ano).(1/2).(m/s)^2$

$(m/s)^2$ - Velocidade da chuva, extraído de www.shorstmeyer.com/wxfaqs/float/rdtable.html

$$^{a}\text{Conversão} = \frac{m^3}{ha.ano} \times \frac{1E3\ kg}{m^3} = \frac{kg}{ha.ano} \qquad \text{[eq. 03]}$$

$$^{b}\text{Conversão} = \frac{kg}{ha.ano} \times \frac{4940\ J}{kg} = \frac{J}{ha.ano} \qquad \text{[eq. 04]}$$

$$^{c}Ec = \left(\frac{kg}{ha.ano}\right) \times \left(\frac{1}{2}\right) \times \left(\frac{m}{s}\right)^2 = \frac{J}{ha.ano} \qquad \text{[eq. 05]}$$

1.3.3 VENTO

A velocidade média sazonal do vendo foi obtida junto a CRESEB (2010) e o cálculo da média anual e sua conversão (Equação 06) estão apresentados na Tabela 4/1.

$$^{a}\text{Conversão} = \frac{kg}{m^3} \times \left(\frac{m}{s}\right)^3 \times 0{,}001 \times \frac{1E4\ m^2}{ha} \times \frac{31{,}56E6\ \ s}{ano} = \frac{J}{ha.ano} \qquad \text{[eq. 06]}$$

TABELA 4/1. Cálculo e conversão do vento.

1 - Energia do vento.			
Época	média sazonal (m/s)	média anual (m/s)	J/ha.ano[a]
Dez-Fev	4,99		
Mar-Mai	6,5		
Jun-Ago	6,95		
Set-Nov	7,23	6,4175	1,1E+11

Velocidade média sazonal (www.creseb.cepel.br acesso em 27/08/2010).

Densidade do ar = 1,3 kg/m^3 (RODRIGUEZ et al., 2002).

Coeficiente de arraste = 0,001 adimensional (RODRIGUEZ et al., 2002).

A energia do vento é importante para o deslocamento das massas de elementos químicos fixados e emitidos pela biomassa vegetal e microbiota edáfica. Os valores de energia e emergia foram alocados em função do deslocamento das massas que entram e saem dos sistemas; estes valores são apresentados na Tabela 4/2a.

TABELA 4/2a. Alocação da energia e emergia do vento.

2a - Alocação da energia e Emergia do vento (%) em função do deslocamento das massas no sistema.							
		Entradas					
Idade	Unidade	Fotossíntese CO_2	Respiração vegetal O_2	Fixação N_2	Metanotrofia O_2	Metanotrofia CH_4	%
0	kg/ha.ano	31.896	2.746	21	6	1	
	% J	32	3	0,0	0,0	0,0	
	% J	58	5	0,0	0,0	0,0	63
	Em	1,5E+14	1,3E+13	9,9E+10	2,8E+10	7,1E+09	
7	kg/ha.ano	46.253	2.837	193	58	15	
	% J	33	2	0,1	0,0	0,0	
	% J	58	4	0,2	0,1	0,0	61
	Em	1,5E+14	9,4E+12	6,4E+11	1,9E+11	4,9E+10	
25	kg/ha.ano	56.493	4.133	227	80	20	
	% J	34	2	0,1	0,0	0,0	
	% J	58	4	0,2	0,1	0,0	62
	Em	1,5E+14	1,1E+13	6,1E+11	2,2E+11	5,4E+10	
75	kg/ha.ano	44.126	4.928	677	130	33	
	% J	34	4	1	0,1	0,0	
	% J	57	6	1	0,2	0,0	64
	Em	1,5E+14	1,7E+13	2,3E+12	4,5E+11	1,1E+11	
200	kg/ha.ano	21.113	763	2.092	204	51	
	% J	34	1	3	0	0	
	% J	54	2	5	1	0	62
	Em	1,4E+14	5,2E+12	1,4E+13	1,4E+12	3,5E+11	

TABELA 4/2a. Alocação da energia e emergia do vento (continuação).

Saídas						
Respiração vegetal CO_2	Fotossíntese O_2	Respiração edáfica CO_2	Ar resfriado	Metanotrofia H_2O	Metanotrofia CO_2	%
31.896	20.445	13.613	0	6	4	
32	20	14	0,0	0,0	0,0	
	37		0,0			37
	9,9E+13		0,0E+00			
46.253	30.792	15.075	140	60	40	
33	22	11	0,1	0,0	0,0	
	38		0,2			39
	1,0E+14		4,6E+11			
56.493	36.943	11.954	330	82	55	
34	22	7	0,2	0,0	0,0	
	38		0,3			38
	1,0E+14		8,9E+11			
44.126	27.156	6.883	380	134	90	
34	21	5	0,3	0,1	0,1	
	35		0,5			36
	9,3E+13		1,3E+12			
21.113	14.587	765	440	210	140	
34	24	1	1	0	0	
	37		1			38
	9,9E+13		3,0E+12			

TABELA 4/3a. Valores totais de referência para realizar as alocações (continuação).

3a - Balanço total			
Total (kg)	Total (%)	Entrada total (%)	Saída total (%)
100	%		
100.634	100	34	66
55			
141.717	100	35	65
80.289			
166.810	100	37	63
98.225			
128.664	100	39	61
77.430			
61.478	100	39	60
39.250			

1.3.4 SOERGUIMENTO GEOLÓGICO

Soerguimento é definido como a elevação da superfície terrestre devido processos geológicos. Os soerguimentos da crosta terrestre aumentam a energia dos agentes erosivos, visto que uma região mais elevada apresenta gradientes topográficos maiores e com isto as áreas são desbastadas mais rapidamente do que antes do soerguimento. Se o soerguimento ocorre junto ao litoral, serão expostas planícies costeiras com sedimentos e rochas sedimentares recentes caracterizando, associadamente, uma fase regressiva dos mares (http://ig.unb.br/glossario/verbete/soerguimento.htm).

Visto sua importância no aporte de energia no ecossistema, ele foi caracterizado neste trabalho como fonte de energia dos "processos geológicos" que atuam sobre o solo e geram um estoque de "formação geológica" contribuindo com a formação do estoque de "estruturas, organizações e processos ecossistêmicos". Neste trabalho, o processo geológico foi calculado aplicando a Equação 07, os valores foram considerados para todos os sistemas de estudo e são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5. Valores de entrada de energia do soerguimento geológico.

Soerguimento geológico		
J/ano na área da crosta terrestre[a]	Área da crostra terrestre[b] (ha)	J/ha.ano[c]
6,71E+20	1,49E+10	**4,49E+10**

Soerguimento geológico TOTAL			
Idade da área (ano)	J/ha.total de anos	Tr (seJ/uni.)	Em Solar (seJ/uni.)
0	**4,49E+10**	12000	**5,4E+14**
7	**3,14E+11**	12000	**3,8E+15**
25	**1,12E+12**	12000	**1,3E+16**
75	**3,37E+12**	12000	**4,0E+16**
200	**8,98E+12**	12000	**1,1E+17**

[a]Valor extraído de Odum (2000);

[b]Valor extraído do site do IBGE;

$$^{c}\text{Equação} = \frac{6{,}71\text{E}+20}{1{,}49\text{E}+10} = 4{,}49\text{E}+10\,\frac{\text{J}}{\text{ha.ano}} \qquad \text{[eq. 07]}$$

1.3.5 ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO

Foi considerado como entrada de água do lençol freático, a água que brota nas nascentes das áreas com 25 e 75 anos. A Tabela 6 apresenta os dados de vazão de nascentes 1 (fragmento com 25 anos) e nascente 2 (fragmento com 75 anos) que foram medidas neste trabalho, os fragmentos de 0, 07 e 200 anos não apresentam nascentes de água.

TABELA 6. Vazão e conversão da vazão das nascentes.

Vazão e conversão da vazão das nascentes.					
Idade do fragmento	Vazão (L/s)	Vazão[a] (L/ano)	Vazão[b] (m^3/ano)	Vazão[c] (kg/ano)	Energia[d] (J/ano)
0 ano	0	0	0	0	0,0E+00
07 anos	0	0	0	0	0,0E+00
25 anos	0,254	7.812.634	7.813	7.812.634	3,9E+10
75 anos	1,060	32.603.904	32.604	32.603.904	1,6E+11
200 anos	0	0	0	0	0,0E+00

A vazão (L/s) de cada nascente é resultado da média entre os valores medidos, durante este trabalho, no mês de fevereiro de 2010 e os valores medidos por Agostinho (2005).

$$^{a}\text{Conversão da vazão das nascentes} = \frac{L}{s} \times \frac{60\,s}{1\,min} \times \frac{60\,min}{1\,h} \times \frac{24\,h}{1\,dia} \times \frac{365\,dias}{ano} = \frac{L}{ano} \qquad \text{[eq. 08]}$$

$$^{b}\text{Conversão da vasão das nascentes} = \frac{L}{ano} \times \frac{1\,m^3}{1000\,L} = \frac{m^3}{ano} \qquad \text{[eq. 09]}$$

$$^{c}\text{Conversão da vasão das nascentes} = \frac{1\,m^3}{1000\,L} \times \frac{1000\,kg}{m^3} = \frac{kg}{ano} \qquad \text{[eq. 10]}$$

$$^{d}\text{Energia da água das nascentes} = \frac{kg}{ano} \times \frac{5000\,J}{kg} = \frac{J}{ano} \qquad \text{[eq. 11]}$$

1.3.6 ESTIMATIVA DA MATANOTROFIA E DA FOTOSSÍNTESE

Os gases, como o metano (CH_4), o dióxido de carbono (CO_2) e o oxigênio (O_2) são carreados pelas correntes de vento, água e vapor d'água, entre os diferentes ecossistemas. A quantidade destes gases se altera ao passar pelos sistemas, devido aos processos de metanotrofia e fotossíntese. Foram feitas estimativas destes fluxos a partir dos dados da literatura e dados medidos em campo.

A Tabela 7 apresenta os valores utilizados nas estimativas para o processo de Metanotrofia, levando em consideração o volume de serapilheira

que é responsável pela aeração do solo. A metanotrofia é um processo realizado por microrganismos metanotróficos que estão presentes em diferentes ecossistemas, eles são responsáveis pela oxidação do CH_4 em CO_2 e H_2O, processo representado pela Equação 12.

Solos aerados atuam geralmente como "dreno" de CH_4 atmosférico devido à comunidade metanotrófica do solo que utiliza este gás como fonte de C e energia.

$$CH_4 + O_2 = CO_2 + H_2O \qquad \text{[eq. 12]}$$

TABELA 7. Estimativas de oxidação de CH_4 no solo dos sistemas estudados.

Estimativa da metanotrofia.					
Idade da área (anos)	0 ano	07 anos	25 anos	75 anos	200 anos
Serapilheira[1] (m^3/ha)	27	273	373	608	950
Metanotrofia[2] (mg CH_4/m^2.dia)	0,4	4,0	5,5	9,0	14,0
Metanotrofia[3] (kg CH_4/ha.ano)	1,5	14,7	20,0	32,7	51,1

[1]Volume médio de serapilheira calculado neste trabalho para os sistemas de estudo, e 10% da serapilheira do sistema com 7 anos foi considerado para o ano 0, pois o sistema com 0 anos não apresenta serapilheira, mas a literatura indica que todo solo tem um potencial metanotrófico, mesmo que baixo.

[2]Metanotrofia considerada (14 mg/CH_4/m^2/dia), extraído de Knief et al. (2005);

[2]Estimativa para 75 anos = (14x608)/950= 9 mg CH_4/m^2/dia [eq. 13]

[2]Estimativa para 25 anos = (14x373)/950= 5,5 mg CH_4/m^2/dia [eq. 14]

[2]Estimativa para 07 anos = (14x273)/950= 4 mg CH_4/m^2/dia [eq. 15]

[2]Estimativa para 0 ano = (14x27)/950= 0,4 mg CH_4/m^2/dia [eq. 16]

$$^{3}\text{Conversão} = \frac{\text{mg}\,CH_4}{m^2.\text{dia}} \times \frac{\text{kg}}{1E6\,\text{mg}} \times \frac{1E4\,m^2}{\text{ha}} \times \frac{365\,\text{dias}}{\text{ano}} = \frac{\text{kg}}{\text{ha.ano}} \qquad \text{[eq. 17]}$$

A taxa de oxidação de CH_4 no solo dos sistemas foi considerada como entrada de CH_4 nos sistemas e foi empregado um cálculo estequiométrico, na equação do processo de metanotrofia, para estimar a produção de CO_2 resultante desta oxidação.

A Tabela 8 apresenta as unidades de massa atômica das espécies químicas e a Tabela 9 o cálculo com as entradas de CH_4 e saída de CO_2; a Figura 3 ilustra a curva de oxidação do CH_4. A Tabela 10 foi construída empregando-se as mesmas equações empregadas na Tabela 9, mas para estimar a saída de carbono (C).

TABELA 8 – Unidade de Massa Atômica (uma) das espécies.

Massa atômica das espécies	
C	12,01070 uma
H	1,00794 uma
O	15,99940 uma

TABELA 9 – Cálculo estequiométrico da equação do processo de metanotrofia.

Cálculo estequiométrico da metanotrofia.		
Idade da área (anos)	Metanotrofia = 1 CH_4 + 2 O_2 = 1 CO_2 + 2 H_2O	
	16,04 uma CH_4	44,01 uma CO_2
	Entrada	Saída
0	**1,5** kg CH_4/ha.ano	**4,0** kg CO_2/ha.ano
7	**14,7** kg CH_4/ha.ano	**40,2** kg CO_2/ha.ano
25	**20,0** kg CH_4/ha.ano	**55,0** kg CO_2/ha.ano
75	**32,7** kg CH_4/ha.ano	**89,6** kg CO_2/ha.ano
200	**51,1** kg CH_4/ha.ano	**140,2** kg CO_2/ha.ano

- Entrada de CH4 (Tabela 07);

Estimativa para ano 0 = (1,5x44,01)/16,04 = 4,0 kg CO_2/ha.ano [eq. 18]

Estimativa para 07 anos = (14,7x44,01)/16,04 = 40,2 kg CO_2/ha.ano [eq. 19]

Estimativa para 25 anos = (20x44,01)/16,04 = 55 kg CO_2/ha.ano [eq. 20]

Estimativa para 75 anos = (32,7x44,01)/16,04 = 89,6 kg CO_2/ha.ano [eq. 21]

Estimativa para 200 anos = (51,1x44,01)/16,04 = 140,2 kg CO_2/ha.ano [eq. 22]

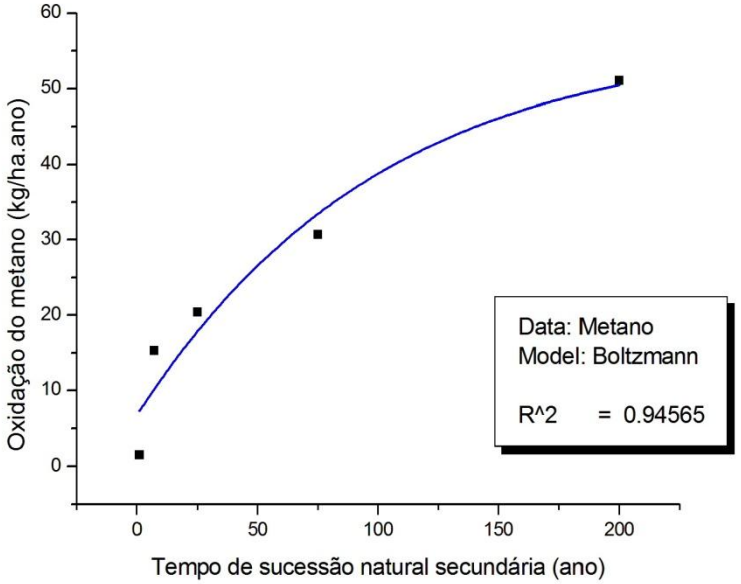

FIGURA 3 – Curva de oxidação do CH_4 pelo sistema.

TABELA 10 – Cálculo estequiométrico da equação do processo de metanotrofia.

Cálculo estequiométrico da metanotrofia.		
Idade da área (anos)	Metanotrofia = 1 CH_4 + 2 O_2 = 1 CO_2 + 2 H_2O	
	16,04 uma CH_4	12,01 uma C
	Entrada anual	**Saída anual**
0	**1,5** kg CH_4/ha.ano	**1,1** kg C/ha.ano
7	**14,7** kg CH_4/ha.ano	**11,0** kg C/ha.ano
25	**20,0** kg CH_4/ha.ano	**15,0** kg C/ha.ano
75	**32,7** kg CH_4/ha.ano	**24,5** kg C/ha.ano
200	**51,1** kg CH_4/ha.ano	**38,3** kg C/ha.ano

A Tabela 11 foi construída para calcular a razão entre metano e oxigênio e entre oxigênio e água, para, na Tabela 12, estimar a quantidade de água (H_2O) que sai e a quantidade de oxigênio (O_2) que entrada no processo de metanotrofia.

TABELA 11 – Cálculo da razões.

Cálculo da razão entre metano e oxigênio.		
	Metanotrofia = 1 CH_4 + 2 O_2 = 1 CO_2 + 2 H_2O	
Razão entre =	16,04 uma CH_4	64,00 uma O_2
	Razão	
	3,989	

Cálculo da razão entre oxigênio e água.		
	Metanotrofia = 1 CH_4 + 2 O_2 = 1 CO_2 + 2 H_2O	
Razão entre =	64,00 uma O_2	66,01 uma H_2O
	Razão	
	1,031	

TABELA 12 – Cálculo da entrada de oxigênio e saída de água do processo de metanotrofia.

Cálculo estequiométrico da metanotrofia.		
Idade da área (anos)	Metanotrofia = 1 CH_4 + 2 O_2 = 1 CO_2 + 2 H_2O	
	64,00 uma O_2	66,01 uma H_2O
	Entrada anual	Saída anual
0	5,8 kg O_2/ha.ano	6,0 kg H_2O/ha.ano
7	58,5 kg O_2/ha.ano	60,3 kg H_2O/ha.ano
25	79,9 kg O_2/ha.ano	82,4 kg H_2O/ha.ano
75	130,4 kg O_2/ha.ano	134,5 kg H_2O/ha.ano
200	203,9 kg O_2/ha.ano	210,3 kg H_2O/ha.ano

Os fluxos de CO_2, C e O_2 foram estimados através de cálculos estequiométricos e interpolação de dados com o programa Origin 6.0, a partir dos dados da Tabela 13, detalhada no sub-item *estoques*.

TABELA 13 – Valores de referência para os cálculos estequiométricos da fotossíntese.

Dados de biomassa total e PPL.				
Idade da área (anos)	Σ da produção total (C)	kg CO_2/ha	Σ da procução anual (C)	kg CO_2/ha.ano
0	15.093	55.304	7.674	28.119
7	70.105	256.880	11.558	42.350
25	238.347	873.349	13.866	50.809
75	514.752	1.886.148	10.193	37.349
200	541.643	1.984.682	5.475	20.063

A Tabela 14 foi construída para calcular a entrada líquida de CO_2 e saída líquida de O_2.

TABELA 14 – Cálculo estequiométrico da fotossíntese.

Cálculo estequiométrico da fotossíntese		
Idade da área (anos)	Fotossíntese = 12 H_2O + 6 CO_2 + LUZ = $C_6H_{12}O_6$ + 6 H_2O + 6 O_2	
	264,057 uma CO_2	191,9928 uma O_2
	Entrada líquida anual	**Saída líquida anual**
0	**28.119** kg CO_2/ha.ano	**20.445** kg O_2/ha.ano
7	**42.350** kg CO_2/ha.ano	**30.792** kg O_2/ha.ano
25	**50.809** kg CO_2/ha.ano	**36.943** kg O_2/ha.ano
75	**37.349** kg CO_2/ha.ano	**27.156** kg O_2/ha.ano
200	**20.063** kg CO_2/ha.ano	**14.587** kg O_2/ha.ano

A Tabela 15 foi construída para calcular a entrada bruta de CO_2 e saída bruta de O_2.

TABELA 15 – Cálculo estequiométrico da fotossíntese.

Cálculo estequiométrico da fotossíntese		
Idade da área (anos)	Fotossíntese = 12 H_2O + 6 CO_2 + LUZ = $C_6H_{12}O_6$ + 6 H_2O + 6 O_2	
	264,057 uma CO_2	191,9928 uma O_2
	Entrada bruta anual	**Saída bruta anual**
0	**31.896** kg CO_2/ha.ano	**23.191** kg O_2/ha.ano
7	**46.253** kg CO_2/ha.ano	**33.630** kg O_2/ha.ano
25	**56.493** kg CO_2/ha.ano	**41.075** kg O_2/ha.ano
75	**44.126** kg CO_2/ha.ano	**32.084** kg O_2/ha.ano
200	**21.113** kg CO_2/ha.ano	**15.351** kg O_2/ha.ano

A Tabela 16 foi construída para calcular a entrada líquida de C.

TABELA 16 – Cálculo estequiométrico da fotossíntese.

Cálculo estequiométrico da fotossíntese		
Idade da área (anos)	Fotossíntese = 12 H_2O + 6 CO_2 + LUZ = $C_6H_{12}O_6$ + 6 H_2O + 6 O_2	
	72,0642 uma C	191,9928 uma O_2
	Entrada líquida anual	**Saída líquida anual**
0	**7674,0** kg C/ha.ano	**20.445** kg O_2/ha.ano
7	**11557,9** kg C/ha.ano	**30.792** kg O_2/ha.ano
25	**13866,4** kg C/ha.ano	**36.943** kg O_2/ha.ano
75	**10192,9** kg C/ha.ano	**27.156** kg O_2/ha.ano
200	**5475,4** kg C/ha.ano	**14.587** kg O_2/ha.ano

A Tabela 17 e 18 foi construída para calcular a entrada bruta total e líquida total e a saída bruta total e líquida total de CO2 e O2, respectivamente, por hectare das áreas de estudo.

TABELA 17 – Cálculo estequiométrico da fotossíntese.

Cálculo estequiométrico da fotossíntese			
Idade da área (anos)	Fotossíntese = 12 H_2O + 6 CO_2 + LUZ = $C_6H_{12}O_6$ + 6 H_2O + 6 O_2		
	264,057 uma CO_2		191,9928 uma O_2
	Entrada líquida total	100,00%	**Saída líquida total**
0	**55.304** kg CO_2/ha	87,54%	**40.211** kg O_2/ha
7	**256.880** kg CO_2/ha	87,18%	**186.774** kg O_2/ha
25	**873.349** kg CO_2/ha	85,75%	**635.002** kg O_2/ha
75	**1.886.148** kg CO_2/ha	74,92%	**1.371.397** kg O_2/ha
200	**1.984.682** kg CO_2/ha	42,34%	**1.443.039** kg O_2/ha

TABELA 18 – Cálculo estequiométrico da fotossíntese.

Cálculo estequiométrico da fotossíntese		
Idade da área (anos)	Fotossíntese = 12 H_2O + 6 CO_2 + LUZ = $C_6H_{12}O_6$ + 6 H_2O + 6 O_2	
	264,057 uma CO_2	191,9928 uma O_2
	Entrada bruta total	**Saída bruta total**
0	**63.175** kg CO_2/ha	**45.934** kg O_2/ha
7	**294.655** kg CO_2/ha	**214.240** kg O_2/ha
25	**1.018.483** kg CO_2/ha	**740.527** kg O_2/ha
75	**2.517.550** kg CO_2/ha	**1.830.481** kg O_2/ha
200	**4.687.486** kg CO_2/ha	**3.408.217** kg O_2/ha

A Tabela 19 e 20 foi elaborada para calcular a entrada e saída líquida anual de CO2 e O2 e a entrada e saída bruta por hectare (total) de CO2 e O2, respectivamente. As equações estequiométricas da respiração seguem o mesmo modelo das equações aplicadas na fotossíntese e na metanotrofia.

TABELA 19 – Cálculo estequiométrico da respiração.

Cálculo estequiométrico da respiração vegetal.		
Idade da área (anos)	Respiração = $C_{12}H_{22}O_6 + 6\ O_2 = 6\ CO_2 + 6\ H_2O$ + energia	
	191,9928 uma O_2	264,06 uma CO_2
	Entrada líquida anual	**Saída líquida anual**
0	**2.746** kg O_2/ha.ano	**3.777** kg CO_2/ha.ano
7	**2.837** kg O_2/ha.ano	**3.902** kg CO_2/ha.ano
25	**4.133** kg O_2/ha.ano	**5.684** kg CO_2/ha.ano
75	**4.928** kg O_2/ha.ano	**6.777** kg CO_2/ha.ano
200	**763** kg O_2/ha.ano	**1.050** kg CO_2/ha.ano

TABELA 20 – Cálculo estequiométrico da respiração.

Cálculo estequiométrico da respiração vegetal.		
Idade da área (anos)	Respiração = $C_{12}H_{22}O_6 + 6\ O_2 = 6\ CO_2 + 6\ H_2O$ + energia	
	191,9928 uma O_2	264,06 uma CO_2
	Entrada bruta (total)	**Saída bruta (total)**
0	**5.723** kg O_2/ha	**7.872** kg CO_2/ha
7	**27.466** kg O_2/ha	**37.775** kg CO_2/ha
25	**105.525** kg O_2/ha	**145.134** kg CO_2/ha
75	**459.085** kg O_2/ha	**631.401** kg CO_2/ha
200	**1.965.178** kg O_2/ha	**2.702.805** kg CO_2/ha

1.3.7 ESTIMATIVA DA ENTRADA DO NITROGÊNIO

O N_2 entra nos sistemas ao ser fixado pela biota no processo chamado de fixação biológica. Neste trabalho o N_2 fixado no solo pela biota do sistema foi calculado pela Equação de Raij (1991) apresentado na Tabela 21, para proceder este cálculo é preciso saber a densidade e a Matéria Orgânica (MO) do solo, que foram mensurados para este trabalho no sub-item estoques. Na Tabela 21 foram aplicadas as seguintes equações para calcular o N_2 do solo:

$$^{a}[\%\ MO_{solo}] = \left(\frac{\left(\frac{g\ MO}{m^3} \times 100\ \%\right)}{\left(\frac{g\ solo}{m^3}\right)} \right) = \% \qquad \text{[eq. 23]}$$

$$^{*b}[N_{2\ solo}] = \left(\frac{\%\ MO}{20}\right) = \%\ N_2 \qquad \text{[eq. 24]}$$

$$^{c}[\%\ N_{2\ solo}] = \left(\frac{\left(\frac{g\ MO}{dm^3} \times \%\ N_2\right)}{(100\ \%)} \right) = \frac{g\ N_2}{m^3} \qquad \text{[eq. 25]}$$

$$^{d}[N_{2\ solo}] = \left(\frac{g\ N_2}{(m^3)} \times \frac{kg}{1000\ g} \times h\ m \times \frac{10000\ m^2}{ha} \right) = \frac{kg\ N_2}{ha.ano} \qquad \text{[eq. 26]}$$

TABELA 21 – Cálculo do N_2 no solo.

Cálculo do nitrogênio fixado no solo das áreas de estudo

Idade da área (anos)	Perfil (m)	$[MO_{solo}]$ (g/m^3)	Solo (g/m^3)	$[MO_{solo}]^a$ (%)	h do perfil (m)	N_2 (%)[b]	N_2 (g/m^3)[c]	N_2 (kg/ha.ano)[d]
0	0,00 - 0,05	18000	1500000	1,200	0,05	0,060	10,80	5,40
	0,05 - 0,10	14000	1720000	0,814	0,05	0,041	5,70	2,85
	0,10 - 0,20	14000	1610000	0,870	0,10	0,043	6,09	6,09
	0,20 - 0,40	10000	1610000	0,621	0,20	0,031	3,11	6,21
							total	20,55
7	0,00 - 0,05	32000	984200	3,251	0,05	0,163	52,02	26,01
	0,05 - 0,10	18000	1362600	1,321	0,05	0,066	11,89	5,94
	0,10 - 0,20	12000	1517800	0,791	0,10	0,040	4,74	4,74
	0,20 - 0,40	9000	1517800	0,593	0,20	0,030	2,67	5,34
							total	42,04
25	0,00 - 0,05	36000	979000	3,677	0,05	0,184	66,19	33,09
	0,05 - 0,10	28000	1343600	2,084	0,05	0,104	29,18	14,59
	0,10 - 0,20	18000	1184000	1,520	0,10	0,076	13,68	13,68
	0,20 - 0,40	9000	1184000	0,760	0,20	0,038	3,42	6,84
							total	68,21
75	0,00 - 0,05	76000	352200	21,579	0,05	1,079	819,99	409,99
	0,05 - 0,10	50000	1191800	4,195	0,05	0,210	104,88	52,44
	0,10 - 0,20	31000	1139600	2,720	0,10	0,136	42,16	42,16
	0,20 - 0,40	10000	1139600	0,878	0,20	0,044	4,39	8,78
							total	513,37
200	0,00 - 0,05	90000	129000	69,767	0,05	3,488	3139,53	1569,77
	0,05 - 0,10	65000	526800	12,339	0,05	0,617	401,01	200,50
	0,10 - 0,20	40000	818600	4,886	0,10	0,244	97,73	97,73
	0,20 - 0,40	18000	818600	2,199	0,20	0,110	19,79	39,58
							total	1.907,58

A Tabela 22 contém os valores da somatória das entradas de N2 nas áreas de estudo. Esta somatória se refere ao N_2 fixado no solo e o N_2 presente na biomassa da serapilheira de acordo com Pezzatto e Wisnewski (2006).

TABELA 22 – Cálculo da entrada total do N_2 no solo.

Somatória da entrada anual de nitrogênio nas áreas de estudo.

Idade da área (anos)	0	7	25	75	200
N solo (kg/ha,ano)	20,55	42,04	68,21	513,37	1907,58
N serapilheira (kg/ha.ano)	0,00	150,85	158,40	163,16	184,04
Entrada total no sistema (kg N/ha.ano)	20,5	192,9	226,6	676,5	2091,6

Esta somatória foi interpolada para quantificar a entrada de N2 total em 200 anos de sucessão ecológica (Tabela 23).

TABELA 23 – Resultado da interpolação do N_2 no solo.

Interpolação de dados para o cálculo da entrada total de nitrogênio.					
ano	kg N_2/ha.ano				
0	21	41	371	85	790
1	45	42	380	86	801
2	70	43	389	87	812
3	94	44	398	88	824
4	119	45	407	89	835
5	144	46	416	90	846
6	168	47	425	91	858
7	193	48	434	92	869
8	195	49	443	93	880
9	197	50	452	94	892
10	199	51	461	95	903
11	200	52	470	96	914
12	202	53	479	97	926
13	204	54	488	98	937
14	206	55	497	99	948
15	208	56	506	100	960
16	210	57	515	101	971
17	212	58	524	102	982
18	213	59	533	103	993
19	215	60	542	104	1.005
20	217	61	551	105	1.016
21	219	62	560	106	1.027
22	221	63	569	107	1.039
23	223	64	578	108	1.050
24	225	65	587	109	1.061
25	227	66	596	110	1.073
26	236	67	605	111	1.084
27	245	68	614	112	1.095
28	254	69	623	113	1.107
29	263	70	632	114	1.118
30	272	71	641	115	1.129
31	281	72	650	116	1.141
32	290	73	659	117	1.152
33	299	74	668	118	1.163
34	308	75	677	119	1.175
35	317	76	688	120	1.186
36	326	77	699	121	1.197
37	335	78	710	122	1.209
38	344	79	722	123	1.220
39	353	80	733	124	1.231
40	362	81	744	125	1.243
		82	756	126	1.254
		83	767	127	1.265
		84	778	128	1.277

TABELA 23 – Resultado da interpolação do N_2 no solo (continuação)

129	1.288	169	1.741
130	1.299	170	1.752
131	1.310	171	1.763
132	1.322	172	1.775
133	1.333	173	1.786
134	1.344	174	1.797
135	1.356	175	1.809
136	1.367	176	1.820
137	1.378	177	1.831
138	1.390	178	1.843
139	1.401	179	1.854
140	1.412	180	1.865
141	1.424	181	1.877
142	1.435	182	1.888
143	1.446	183	1.899
144	1.458	184	1.910
145	1.469	185	1.922
146	1.480	186	1.933
147	1.492	187	1.944
148	1.503	188	1.956
149	1.514	189	1.967
150	1.526	190	1.978
151	1.537	191	1.990
152	1.548	192	2.001
153	1.560	193	2.012
154	1.571	194	2.024
155	1.582	195	2.035
156	1.593	196	2.046
157	1.605	197	2.058
158	1.616	198	2.069
159	1.627	199	2.080
160	1.639	200	2.092
161	1.650	0 ano	**21**
162	1.661	Σ 7 anos	**854**
163	1.673	Σ 25 anos	**4.646**
164	1.684	Σ 75 anos	**27.448**
165	1.695	Σ 200 anos	**201.162**
166	1.707		
167	1.718		
168	1.729		

1.3.8 ESTIMATIVA DA ENTRADA DE NUTRIENTES DO SOLO PROFUNDO

A porção aérea da floresta se desenvolve apoiada ao solo, com o desenvolvimento das raízes, estruturas que atuam em processos de fragmentação das rochas e absorção de nutrientes solubilizados por fungos e bactérias que vivem em simbiose com as raízes. Algumas raízes podem chegar até altura da planta em profundidade, absorvendo água e nutrientes do solo profundo, fixados na biomassa e ciclados pela serapilheira nos horizontes mais superficiais do solo.

Estes nutrientes são considerados como entrada no sistema, já que são provenientes dos horizontes mais profundos que os amostrados neste trabalho (0,4 m). As dificuldades metodológicas para a determinação destes fluxos não permitiram sua quantificação, mas sua importância foi considerada assumindo um valor de 1% (Tabela 25) dos nutrientes totais da serapilheira considerada (Tabela 24) para este trabalho quantidade tida como aceitável pelo Prof. Dr. José C. Casagrande do Laboratório de Fertilidade de Solos do CCA/UFSCar.

TABELA 24 – Valores e conversão da serapilheira e nutrientes considerada nos fragmentos.

Estimativa dos nutrientes da serapilheira.						
Idade do fragmento		0 ano	07 anos	25 anos	75 anos	200 anos
Biomassa seca de Serapilheira[1] (kg/ha.ano)		0	9589,97	10070,18	10372,39	11700,08
Nutrientes[2] (g/kg.ano)		Nutrientes[3] (kg/ha.ano)				
N	15,730	0,0	150,9	158,4	163,2	184,0
P	0,630	0,0	6,0	6,3	6,5	7,4
K	1,820	0,0	17,5	18,3	18,9	21,3
Ca	14,190	0,0	136,1	142,9	147,2	166,0
Mg	2,050	0,0	19,7	20,6	21,3	24,0
S	1,050	0,0	10,1	10,6	10,9	12,3
B	0,024	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3
Cu	0,012	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Fe	0,474	0,0	4,5	4,8	4,9	5,6
Mn	0,730	0,0	7,0	7,4	7,6	8,5
Zn	0,033	0,0	0,3	0,3	0,3	0,4

[1] Pezzatto e Wisnewski (2006);

[2] Vogel e Schumacher (2010);

[3] $\text{Conversão} = \left(\frac{g}{kg} \times \frac{kg}{ha.ano} \times \frac{kg}{1000\ g}\right) = \frac{kg}{ha.ano}$ [eq. 27]

A taxa[1] (kg/ha.ano) de deposição da biomassa de serapilheira foi considerada a partir de Pezzatto e Wisnewski (2006), que estudaram a produção de serapilheira em diferentes seres sucessionais de floresta estacional semidecidual no oeste de Paraná (Brasil). Os valores[2] de nutrientes totais (g/kg de serapilheira por ano) da serapilheira acumulada sobre o solo foram estimados a partir do trabalho de Vogel e Schumacher (2010) que estudaram um fragmento de floresta estacional semidecidual em São Gabriel – RS (Brasil). O ano 0 não apresenta serapilheira por ser uma pastagem para produção de “tapetes de grama”.

TABELA 25 – Estimativa da entrada de nutrientes do solo profundo.

Estimativa da entrada de nutrientes do solo profundo.					
Entrada de nutrientes (kg/ha.ano)	Idade dos fragmentos				
	0	7	25	74	200
P	0,0000	0,0604	0,0634	0,0653	0,0737
K	0,0000	0,1745	0,1833	0,1888	0,2129
Ca	0,0000	1,3608	1,4290	1,4718	1,6602
Mg	0,0000	0,1966	0,2064	0,2126	0,2399
S	0,0000	0,1007	0,1057	0,1089	0,1229
B	0,0000	0,0023	0,0024	0,0025	0,0028
Cu	0,0000	0,0011	0,0012	0,0012	0,0013
Fe	0,0000	0,0455	0,0478	0,0492	0,0555
Mn	0,0000	0,0700	0,0735	0,0757	0,0854
Zn	0,0000	0,0032	0,0034	0,0035	0,0039
total	0,0000	2,0152	2,1161	2,1796	2,4586

(kg do nutriente da serapilheira x 1%) = kg de entrada do nutriente [eq. 28]

Os valores da Tabela 25 foram interpolados para estimar o depósito total por hectare em cada área de estudo, para verificar se a consideração feita causaria um depósito exagerado no sistema; diante dos resultados, acredita-se que a consideração não foi exagerada, visto a quantidade presente de cada espécie no perfil do solo analisado, mas seria importante; mas seria importante conseguir estes dados no campo para acurar a análise. Estes dados estão na Tabela 26.

TABELA 26 – Interpolação da entrada de nutrientes do solo profundo.

Valores interpolados para calcular o depósito total de nutrientes nas áreas de estudo (kg/ha.ano).										
ano	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,0086	0,0249	0,1944	0,0281	0,0144	0,0003	0,0002	0,0065	0,0100	0,0005
2	0,0173	0,0499	0,3888	0,0562	0,0288	0,0007	0,0003	0,0130	0,0200	0,0009
3	0,0259	0,0748	0,5832	0,0843	0,0432	0,0010	0,0005	0,0195	0,0300	0,0014
4	0,0345	0,0997	0,7776	0,1123	0,0575	0,0013	0,0006	0,0260	0,0400	0,0018
5	0,0431	0,1246	0,9720	0,1404	0,0719	0,0016	0,0008	0,0325	0,0500	0,0023
6	0,0518	0,1496	1,1664	0,1685	0,0863	0,0020	0,0009	0,0390	0,0600	0,0027
7	0,0604	0,1745	1,3608	0,1966	0,1007	0,0023	0,0011	0,0455	0,0700	0,0032
8	0,0606	0,1750	1,3646	0,1971	0,1010	0,0023	0,0011	0,0456	0,0702	0,0032
9	0,0607	0,1755	1,3684	0,1977	0,1013	0,0023	0,0011	0,0458	0,0704	0,0032
10	0,0609	0,1760	1,3722	0,1982	0,1015	0,0023	0,0011	0,0459	0,0706	0,0032
11	0,0611	0,1765	1,3760	0,1988	0,1018	0,0023	0,0011	0,0460	0,0708	0,0032
12	0,0612	0,1769	1,3797	0,1993	0,1021	0,0023	0,0011	0,0461	0,0710	0,0033
13	0,0614	0,1774	1,3835	0,1999	0,1024	0,0023	0,0011	0,0463	0,0712	0,0033
14	0,0616	0,1779	1,3873	0,2004	0,1026	0,0023	0,0011	0,0464	0,0714	0,0033
15	0,0617	0,1784	1,3911	0,2010	0,1029	0,0023	0,0011	0,0465	0,0716	0,0033
16	0,0619	0,1789	1,3949	0,2015	0,1032	0,0024	0,0012	0,0467	0,0718	0,0033
17	0,0621	0,1794	1,3987	0,2020	0,1035	0,0024	0,0012	0,0468	0,0719	0,0033
18	0,0622	0,1799	1,4025	0,2026	0,1038	0,0024	0,0012	0,0469	0,0721	0,0033
19	0,0624	0,1804	1,4063	0,2031	0,1040	0,0024	0,0012	0,0470	0,0723	0,0033
20	0,0626	0,1809	1,4101	0,2037	0,1043	0,0024	0,0012	0,0472	0,0725	0,0033
21	0,0627	0,1813	1,4138	0,2042	0,1046	0,0024	0,0012	0,0473	0,0727	0,0034
22	0,0629	0,1818	1,4176	0,2048	0,1049	0,0024	0,0012	0,0474	0,0729	0,0034
23	0,0631	0,1823	1,4214	0,2053	0,1051	0,0024	0,0012	0,0475	0,0731	0,0034
24	0,0632	0,1828	1,4252	0,2059	0,1054	0,0024	0,0012	0,0477	0,0733	0,0034
25	0,0634	0,1833	1,4290	0,2064	0,1057	0,0024	0,0012	0,0478	0,0735	0,0034
26	0,0634	0,1834	1,4299	0,2065	0,1058	0,0024	0,0012	0,0478	0,0735	0,0034
27	0,0635	0,1835	1,4307	0,2067	0,1058	0,0024	0,0012	0,0479	0,0736	0,0034
28	0,0635	0,1836	1,4316	0,2068	0,1059	0,0024	0,0012	0,0479	0,0736	0,0034
29	0,0636	0,1837	1,4324	0,2069	0,1060	0,0024	0,0012	0,0479	0,0737	0,0034
30	0,0636	0,1839	1,4333	0,2070	0,1060	0,0024	0,0012	0,0479	0,0737	0,0034
31	0,0636	0,1840	1,4341	0,2071	0,1061	0,0024	0,0012	0,0480	0,0738	0,0034
32	0,0637	0,1841	1,4350	0,2073	0,1062	0,0024	0,0012	0,0480	0,0738	0,0034
33	0,0637	0,1842	1,4359	0,2074	0,1062	0,0024	0,0012	0,0480	0,0739	0,0034
34	0,0637	0,1843	1,4367	0,2075	0,1063	0,0024	0,0012	0,0481	0,0739	0,0034
35	0,0638	0,1844	1,4376	0,2076	0,1063	0,0024	0,0012	0,0481	0,0739	0,0034
36	0,0638	0,1845	1,4384	0,2078	0,1064	0,0024	0,0012	0,0481	0,0740	0,0034
37	0,0639	0,1846	1,4393	0,2079	0,1065	0,0024	0,0012	0,0481	0,0740	0,0034
38	0,0639	0,1847	1,4401	0,2080	0,1065	0,0024	0,0012	0,0482	0,0741	0,0034
39	0,0639	0,1848	1,4410	0,2081	0,1066	0,0024	0,0012	0,0482	0,0741	0,0034
40	0,0640	0,1850	1,4418	0,2083	0,1067	0,0024	0,0012	0,0482	0,0742	0,0034
41	0,0640	0,1851	1,4427	0,2084	0,1067	0,0024	0,0012	0,0483	0,0742	0,0034
42	0,0641	0,1852	1,4436	0,2085	0,1068	0,0024	0,0012	0,0483	0,0743	0,0034
43	0,0641	0,1853	1,4444	0,2086	0,1069	0,0024	0,0012	0,0483	0,0743	0,0034
44	0,0641	0,1854	1,4453	0,2088	0,1069	0,0024	0,0012	0,0483	0,0743	0,0034
45	0,0642	0,1855	1,4461	0,2089	0,1070	0,0024	0,0012	0,0484	0,0744	0,0034
46	0,0642	0,1856	1,4470	0,2090	0,1070	0,0024	0,0012	0,0484	0,0744	0,0034
47	0,0642	0,1857	1,4478	0,2091	0,1071	0,0024	0,0012	0,0484	0,0745	0,0034
48	0,0643	0,1858	1,4487	0,2093	0,1072	0,0025	0,0012	0,0484	0,0745	0,0035
49	0,0643	0,1859	1,4495	0,2094	0,1072	0,0025	0,0012	0,0485	0,0746	0,0035
50	0,0644	0,1861	1,4504	0,2095	0,1073	0,0025	0,0012	0,0485	0,0746	0,0035
51	0,0644	0,1862	1,4513	0,2096	0,1074	0,0025	0,0012	0,0485	0,0746	0,0035
52	0,0644	0,1863	1,4521	0,2098	0,1074	0,0025	0,0012	0,0486	0,0747	0,0035
53	0,0645	0,1864	1,4530	0,2099	0,1075	0,0025	0,0012	0,0486	0,0747	0,0035
54	0,0645	0,1865	1,4538	0,2100	0,1076	0,0025	0,0012	0,0486	0,0748	0,0035
55	0,0645	0,1866	1,4547	0,2101	0,1076	0,0025	0,0012	0,0486	0,0748	0,0035

TABELA 26 – Interpolação da entrada de nutrientes do solo profundo (continuação).

56	0,0646	0,1867	1,4555	0,2102	0,1077	0,0025	0,0012	0,0487	0,0749	0,0035
57	0,0646	0,1868	1,4564	0,2104	0,1078	0,0025	0,0012	0,0487	0,0749	0,0035
58	0,0647	0,1869	1,4573	0,2105	0,1078	0,0025	0,0012	0,0487	0,0750	0,0035
59	0,0647	0,1870	1,4581	0,2106	0,1079	0,0025	0,0012	0,0488	0,0750	0,0035
60	0,0647	0,1872	1,4590	0,2107	0,1079	0,0025	0,0012	0,0488	0,0750	0,0035
61	0,0648	0,1873	1,4598	0,2109	0,1080	0,0025	0,0012	0,0488	0,0751	0,0035
62	0,0648	0,1874	1,4607	0,2110	0,1081	0,0025	0,0012	0,0488	0,0751	0,0035
63	0,0648	0,1875	1,4615	0,2111	0,1081	0,0025	0,0012	0,0489	0,0752	0,0035
64	0,0649	0,1876	1,4624	0,2112	0,1082	0,0025	0,0012	0,0489	0,0752	0,0035
65	0,0649	0,1877	1,4632	0,2114	0,1083	0,0025	0,0012	0,0489	0,0753	0,0035
66	0,0650	0,1878	1,4641	0,2115	0,1083	0,0025	0,0012	0,0490	0,0753	0,0035
67	0,0650	0,1879	1,4650	0,2116	0,1084	0,0025	0,0012	0,0490	0,0754	0,0035
68	0,0650	0,1880	1,4658	0,2117	0,1085	0,0025	0,0012	0,0490	0,0754	0,0035
69	0,0651	0,1881	1,4667	0,2119	0,1085	0,0025	0,0012	0,0490	0,0754	0,0035
70	0,0651	0,1883	1,4675	0,2120	0,1086	0,0025	0,0012	0,0491	0,0755	0,0035
71	0,0652	0,1884	1,4684	0,2121	0,1086	0,0025	0,0012	0,0491	0,0755	0,0035
72	0,0652	0,1885	1,4692	0,2122	0,1087	0,0025	0,0012	0,0491	0,0756	0,0035
73	0,0652	0,1886	1,4701	0,2124	0,1088	0,0025	0,0012	0,0491	0,0756	0,0035
74	0,0653	0,1887	1,4709	0,2125	0,1088	0,0025	0,0012	0,0492	0,0757	0,0035
75	0,0653	0,1888	1,4718	0,2126	0,1089	0,0025	0,0012	0,0492	0,0757	0,0035
76	0,0654	0,1890	1,4733	0,2128	0,1090	0,0025	0,0012	0,0493	0,0758	0,0035
77	0,0654	0,1892	1,4748	0,2130	0,1091	0,0025	0,0012	0,0493	0,0759	0,0035
78	0,0655	0,1894	1,4763	0,2133	0,1092	0,0025	0,0012	0,0494	0,0759	0,0035
79	0,0656	0,1896	1,4778	0,2135	0,1094	0,0025	0,0012	0,0494	0,0760	0,0035
80	0,0656	0,1898	1,4793	0,2137	0,1095	0,0025	0,0012	0,0495	0,0761	0,0035
81	0,0657	0,1900	1,4808	0,2139	0,1096	0,0025	0,0012	0,0495	0,0762	0,0035
82	0,0658	0,1902	1,4824	0,2141	0,1097	0,0025	0,0012	0,0496	0,0762	0,0035
83	0,0658	0,1903	1,4839	0,2144	0,1098	0,0025	0,0012	0,0496	0,0763	0,0035
84	0,0659	0,1905	1,4854	0,2146	0,1099	0,0025	0,0012	0,0497	0,0764	0,0035
85	0,0660	0,1907	1,4869	0,2148	0,1100	0,0025	0,0012	0,0497	0,0765	0,0035
86	0,0660	0,1909	1,4884	0,2150	0,1101	0,0025	0,0012	0,0498	0,0766	0,0035
87	0,0661	0,1911	1,4899	0,2152	0,1102	0,0025	0,0012	0,0498	0,0766	0,0035
88	0,0662	0,1913	1,4914	0,2154	0,1104	0,0025	0,0012	0,0499	0,0767	0,0035
89	0,0662	0,1915	1,4929	0,2157	0,1105	0,0025	0,0012	0,0499	0,0768	0,0035
90	0,0663	0,1917	1,4944	0,2159	0,1106	0,0025	0,0012	0,0500	0,0769	0,0036
91	0,0664	0,1919	1,4959	0,2161	0,1107	0,0025	0,0012	0,0500	0,0769	0,0036
92	0,0664	0,1921	1,4974	0,2163	0,1108	0,0025	0,0012	0,0501	0,0770	0,0036
93	0,0665	0,1923	1,4989	0,2165	0,1109	0,0025	0,0012	0,0501	0,0771	0,0036
94	0,0666	0,1925	1,5004	0,2168	0,1110	0,0026	0,0012	0,0502	0,0772	0,0036
95	0,0666	0,1927	1,5019	0,2170	0,1111	0,0026	0,0012	0,0502	0,0773	0,0036
96	0,0667	0,1929	1,5035	0,2172	0,1113	0,0026	0,0012	0,0503	0,0773	0,0036
97	0,0668	0,1930	1,5050	0,2174	0,1114	0,0026	0,0012	0,0503	0,0774	0,0036
98	0,0669	0,1932	1,5065	0,2176	0,1115	0,0026	0,0012	0,0504	0,0775	0,0036
99	0,0669	0,1934	1,5080	0,2178	0,1116	0,0026	0,0012	0,0504	0,0776	0,0036
100	0,0670	0,1936	1,5095	0,2181	0,1117	0,0026	0,0012	0,0505	0,0776	0,0036
101	0,0671	0,1938	1,5110	0,2183	0,1118	0,0026	0,0012	0,0505	0,0777	0,0036
102	0,0671	0,1940	1,5125	0,2185	0,1119	0,0026	0,0012	0,0506	0,0778	0,0036
103	0,0672	0,1942	1,5140	0,2187	0,1120	0,0026	0,0012	0,0506	0,0779	0,0036
104	0,0673	0,1944	1,5155	0,2189	0,1122	0,0026	0,0012	0,0507	0,0780	0,0036
105	0,0673	0,1946	1,5170	0,2192	0,1123	0,0026	0,0012	0,0507	0,0780	0,0036
106	0,0674	0,1948	1,5185	0,2194	0,1124	0,0026	0,0012	0,0508	0,0781	0,0036
107	0,0675	0,1950	1,5200	0,2196	0,1125	0,0026	0,0012	0,0508	0,0782	0,0036
108	0,0675	0,1952	1,5215	0,2198	0,1126	0,0026	0,0012	0,0509	0,0783	0,0036
109	0,0676	0,1954	1,5230	0,2200	0,1127	0,0026	0,0012	0,0509	0,0783	0,0036
110	0,0677	0,1956	1,5246	0,2202	0,1128	0,0026	0,0012	0,0510	0,0784	0,0036
111	0,0677	0,1957	1,5261	0,2205	0,1129	0,0026	0,0012	0,0510	0,0785	0,0036
112	0,0678	0,1959	1,5276	0,2207	0,1130	0,0026	0,0012	0,0511	0,0786	0,0036
113	0,0679	0,1961	1,5291	0,2209	0,1132	0,0026	0,0012	0,0511	0,0787	0,0036
114	0,0679	0,1963	1,5306	0,2211	0,1133	0,0026	0,0012	0,0512	0,0787	0,0036
115	0,0680	0,1965	1,5321	0,2213	0,1134	0,0026	0,0012	0,0512	0,0788	0,0036
116	0,0681	0,1967	1,5336	0,2216	0,1135	0,0026	0,0012	0,0513	0,0789	0,0036
117	0,0681	0,1969	1,5351	0,2218	0,1136	0,0026	0,0012	0,0513	0,0790	0,0036
118	0,0682	0,1971	1,5366	0,2220	0,1137	0,0026	0,0012	0,0514	0,0790	0,0036
119	0,0683	0,1973	1,5381	0,2222	0,1138	0,0026	0,0012	0,0514	0,0791	0,0036
120	0,0683	0,1975	1,5396	0,2224	0,1139	0,0026	0,0012	0,0515	0,0792	0,0036

TABELA 26 – Interpolação da entrada de nutrientes do solo profundo (continuação).

121	0,0684	0,1977	1,5411	0,2227	0,1141	0,0026	0,0012	0,0515	0,0793	0,0037
122	0,0685	0,1979	1,5426	0,2229	0,1142	0,0026	0,0012	0,0516	0,0794	0,0037
123	0,0685	0,1981	1,5442	0,2231	0,1143	0,0026	0,0012	0,0516	0,0794	0,0037
124	0,0686	0,1983	1,5457	0,2233	0,1144	0,0026	0,0012	0,0517	0,0795	0,0037
125	0,0687	0,1984	1,5472	0,2235	0,1145	0,0026	0,0012	0,0517	0,0796	0,0037
126	0,0687	0,1986	1,5487	0,2237	0,1146	0,0026	0,0012	0,0518	0,0797	0,0037
127	0,0688	0,1988	1,5502	0,2240	0,1147	0,0026	0,0012	0,0518	0,0797	0,0037
128	0,0689	0,1990	1,5517	0,2242	0,1148	0,0026	0,0012	0,0519	0,0798	0,0037
129	0,0689	0,1992	1,5532	0,2244	0,1150	0,0026	0,0012	0,0519	0,0799	0,0037
130	0,0690	0,1994	1,5547	0,2246	0,1151	0,0026	0,0012	0,0520	0,0800	0,0037
131	0,0691	0,1996	1,5562	0,2248	0,1152	0,0026	0,0012	0,0520	0,0801	0,0037
132	0,0691	0,1998	1,5577	0,2251	0,1153	0,0026	0,0013	0,0521	0,0801	0,0037
133	0,0692	0,2000	1,5592	0,2253	0,1154	0,0026	0,0013	0,0521	0,0802	0,0037
134	0,0693	0,2002	1,5607	0,2255	0,1155	0,0026	0,0013	0,0522	0,0803	0,0037
135	0,0693	0,2004	1,5622	0,2257	0,1156	0,0026	0,0013	0,0522	0,0804	0,0037
136	0,0694	0,2006	1,5637	0,2259	0,1157	0,0027	0,0013	0,0523	0,0804	0,0037
137	0,0695	0,2008	1,5653	0,2261	0,1158	0,0027	0,0013	0,0523	0,0805	0,0037
138	0,0695	0,2010	1,5668	0,2264	0,1160	0,0027	0,0013	0,0524	0,0806	0,0037
139	0,0696	0,2011	1,5683	0,2266	0,1161	0,0027	0,0013	0,0524	0,0807	0,0037
140	0,0697	0,2013	1,5698	0,2268	0,1162	0,0027	0,0013	0,0525	0,0807	0,0037
141	0,0697	0,2015	1,5713	0,2270	0,1163	0,0027	0,0013	0,0525	0,0808	0,0037
142	0,0698	0,2017	1,5728	0,2272	0,1164	0,0027	0,0013	0,0526	0,0809	0,0037
143	0,0699	0,2019	1,5743	0,2275	0,1165	0,0027	0,0013	0,0526	0,0810	0,0037
144	0,0699	0,2021	1,5758	0,2277	0,1166	0,0027	0,0013	0,0527	0,0811	0,0037
145	0,0700	0,2023	1,5773	0,2279	0,1167	0,0027	0,0013	0,0527	0,0811	0,0037
146	0,0701	0,2025	1,5788	0,2281	0,1169	0,0027	0,0013	0,0528	0,0812	0,0037
147	0,0701	0,2027	1,5803	0,2283	0,1170	0,0027	0,0013	0,0528	0,0813	0,0037
148	0,0702	0,2029	1,5818	0,2285	0,1171	0,0027	0,0013	0,0529	0,0814	0,0037
149	0,0703	0,2031	1,5833	0,2288	0,1172	0,0027	0,0013	0,0529	0,0814	0,0037
150	0,0703	0,2033	1,5848	0,2290	0,1173	0,0027	0,0013	0,0530	0,0815	0,0037
151	0,0704	0,2035	1,5864	0,2292	0,1174	0,0027	0,0013	0,0530	0,0816	0,0037
152	0,0705	0,2037	1,5879	0,2294	0,1175	0,0027	0,0013	0,0531	0,0817	0,0038
153	0,0705	0,2038	1,5894	0,2296	0,1176	0,0027	0,0013	0,0531	0,0818	0,0038
154	0,0706	0,2040	1,5909	0,2299	0,1178	0,0027	0,0013	0,0532	0,0818	0,0038
155	0,0707	0,2042	1,5924	0,2301	0,1179	0,0027	0,0013	0,0532	0,0819	0,0038
156	0,0707	0,2044	1,5939	0,2303	0,1180	0,0027	0,0013	0,0533	0,0820	0,0038
157	0,0708	0,2046	1,5954	0,2305	0,1181	0,0027	0,0013	0,0533	0,0821	0,0038
158	0,0709	0,2048	1,5969	0,2307	0,1182	0,0027	0,0013	0,0534	0,0821	0,0038
159	0,0709	0,2050	1,5984	0,2310	0,1183	0,0027	0,0013	0,0534	0,0822	0,0038
160	0,0710	0,2052	1,5999	0,2312	0,1184	0,0027	0,0013	0,0535	0,0823	0,0038
161	0,0711	0,2054	1,6014	0,2314	0,1185	0,0027	0,0013	0,0535	0,0824	0,0038
162	0,0712	0,2056	1,6029	0,2316	0,1186	0,0027	0,0013	0,0536	0,0825	0,0038
163	0,0712	0,2058	1,6044	0,2318	0,1188	0,0027	0,0013	0,0536	0,0825	0,0038
164	0,0713	0,2060	1,6059	0,2320	0,1189	0,0027	0,0013	0,0537	0,0826	0,0038
165	0,0714	0,2062	1,6075	0,2323	0,1190	0,0027	0,0013	0,0537	0,0827	0,0038
166	0,0714	0,2063	1,6090	0,2325	0,1191	0,0027	0,0013	0,0538	0,0828	0,0038
167	0,0715	0,2065	1,6105	0,2327	0,1192	0,0027	0,0013	0,0538	0,0828	0,0038
168	0,0716	0,2067	1,6120	0,2329	0,1193	0,0027	0,0013	0,0539	0,0829	0,0038
169	0,0716	0,2069	1,6135	0,2331	0,1194	0,0027	0,0013	0,0539	0,0830	0,0038
170	0,0717	0,2071	1,6150	0,2334	0,1195	0,0027	0,0013	0,0540	0,0831	0,0038
171	0,0718	0,2073	1,6165	0,2336	0,1197	0,0027	0,0013	0,0540	0,0832	0,0038
172	0,0718	0,2075	1,6180	0,2338	0,1198	0,0027	0,0013	0,0541	0,0832	0,0038
173	0,0719	0,2077	1,6195	0,2340	0,1199	0,0027	0,0013	0,0541	0,0833	0,0038
174	0,0720	0,2079	1,6210	0,2342	0,1200	0,0027	0,0013	0,0542	0,0834	0,0038
175	0,0720	0,2081	1,6225	0,2344	0,1201	0,0027	0,0013	0,0542	0,0835	0,0038
176	0,0721	0,2083	1,6240	0,2347	0,1202	0,0027	0,0013	0,0543	0,0835	0,0038
177	0,0722	0,2085	1,6255	0,2349	0,1203	0,0027	0,0013	0,0543	0,0836	0,0038
178	0,0722	0,2087	1,6270	0,2351	0,1204	0,0028	0,0013	0,0544	0,0837	0,0038
179	0,0723	0,2089	1,6286	0,2353	0,1206	0,0028	0,0013	0,0544	0,0838	0,0038
180	0,0724	0,2090	1,6301	0,2355	0,1207	0,0028	0,0013	0,0545	0,0839	0,0038
181	0,0724	0,2092	1,6316	0,2358	0,1208	0,0028	0,0013	0,0545	0,0839	0,0038
182	0,0725	0,2094	1,6331	0,2360	0,1209	0,0028	0,0013	0,0546	0,0840	0,0038
183	0,0726	0,2096	1,6346	0,2362	0,1210	0,0028	0,0013	0,0546	0,0841	0,0039
184	0,0726	0,2098	1,6361	0,2364	0,1211	0,0028	0,0013	0,0547	0,0842	0,0039
185	0,0727	0,2100	1,6376	0,2366	0,1212	0,0028	0,0013	0,0547	0,0842	0,0039

TABELA 26 – Interpolação da entrada de nutrientes do solo profundo (continuação).

186	0,0728	0,2102	1,6391	0,2368	0,1213	0,0028	0,0013	0,0548	0,0843	0,0039
187	0,0728	0,2104	1,6406	0,2371	0,1214	0,0028	0,0013	0,0548	0,0844	0,0039
188	0,0729	0,2106	1,6421	0,2373	0,1216	0,0028	0,0013	0,0549	0,0845	0,0039
189	0,0730	0,2108	1,6436	0,2375	0,1217	0,0028	0,0013	0,0550	0,0846	0,0039
190	0,0730	0,2110	1,6451	0,2377	0,1218	0,0028	0,0013	0,0550	0,0846	0,0039
191	0,0731	0,2112	1,6466	0,2379	0,1219	0,0028	0,0013	0,0551	0,0847	0,0039
192	0,0732	0,2114	1,6481	0,2382	0,1220	0,0028	0,0013	0,0551	0,0848	0,0039
193	0,0732	0,2116	1,6497	0,2384	0,1221	0,0028	0,0013	0,0552	0,0849	0,0039
194	0,0733	0,2117	1,6512	0,2386	0,1222	0,0028	0,0013	0,0552	0,0849	0,0039
195	0,0734	0,2119	1,6527	0,2388	0,1223	0,0028	0,0013	0,0553	0,0850	0,0039
196	0,0734	0,2121	1,6542	0,2390	0,1225	0,0028	0,0013	0,0553	0,0851	0,0039
197	0,0735	0,2123	1,6557	0,2392	0,1226	0,0028	0,0013	0,0554	0,0852	0,0039
198	0,0736	0,2125	1,6572	0,2395	0,1227	0,0028	0,0013	0,0554	0,0852	0,0039
199	0,0736	0,2127	1,6587	0,2397	0,1228	0,0028	0,0013	0,0555	0,0853	0,0039
200	0,0737	0,2129	1,6602	0,2399	0,1229	0,0028	0,0013	0,0555	0,0854	0,0039
Total de nutriente depositado (kg/ha) = Σ										
0 ano	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ 7 anos	0,24	0,70	5,44	0,79	0,40	0,01	0,00	0,18	0,28	0,01
Σ 25 anos	1,36	3,92	30,59	4,42	2,26	0,05	0,03	1,02	1,57	0,07
Σ 75 anos	4,58	13,23	103,13	14,90	7,63	0,17	0,09	3,45	5,30	0,24
Σ 200 anos	13,27	38,35	298,97	43,19	22,12	0,51	0,24	10,00	15,38	0,71

1.3.9 RIQUEZA DE MORFOESPÉCIES

O fenômeno de sucessão secundária pode ser observado por seqüências temporais de crescimento que podem ser diferenciadas facilmente no nível estrutural e arquitetural. Durante este fenômeno atuam diversos processos, entre eles a reprodução, especiação, dispersão, recrutamento, predação, migração e seleção natural, e nos dias atuais podemos considerar o processo de “seleção antrópica”, já que o homem atua de forma seletiva e impactante, direta ou indiretamente, sobre 100% do planeta Terra.

Neste trabalho foi mensurado[1] (Tabela 27) o estoque de morfoespécies vegetais. Os dados foram tratados[2] com o modelo de Boltzmann (Figura 4), possibilitando a estimavas[3] dos fluxos de acordo com a diferença anual do estoque da riqueza de espécies (vegetal) de cada fragmento (Tabela 28).

TABELA 27. Mensuração das morfoespécies vegetal nos fragmentos.

Estimativa da riqueza de espécies vegetais (morfoespécies/hectare).					
Idade da área (anos)	0	7	25	75	200
Dados mensurados[1]	1,00	55,00	62,00	99,00	129,00

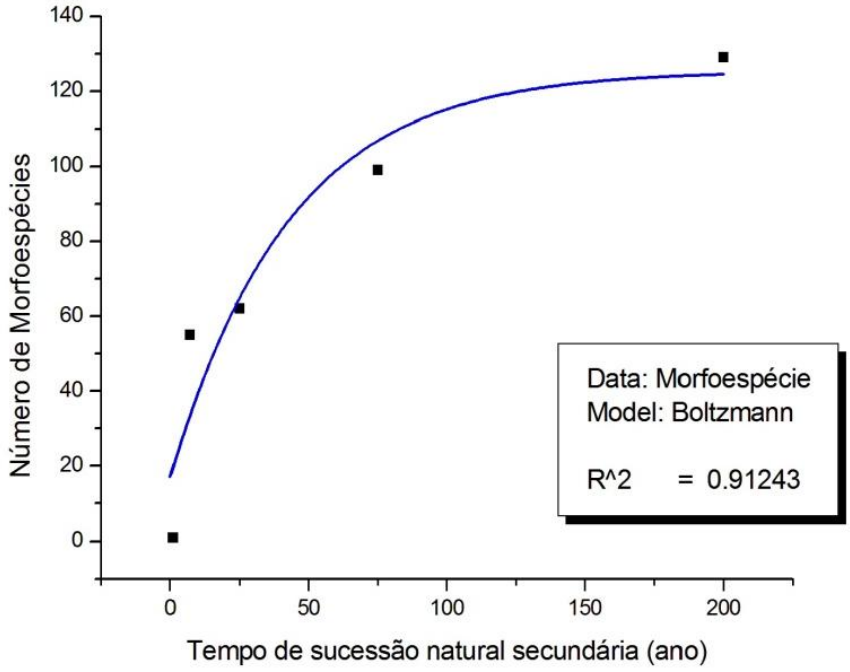

FIGURA 4 – Curva de tendência do aumento das morfoespécies.

TABELA 28. Estimativa do fluxo de entrada anula de morfoespécies vegetais nos fragmentos.

Estimativa do fluxo de riqueza anual.		
Idade dos fragmentos	Dados interpolados[2]	Fluxo anual[3]
0 ano	0,00	
1 ano	1,00	1,00
06 anos	47,29	
07 anos	55,00	7,71
24 anos	61,61	
25 anos	62,00	0,39
74 anos	98,26	
75 anos	99,00	0,74
199 anos	128,76	
200 anos	129,00	0,24

1.3.10 ABA DAS ENTRADAS ANUAIS

Os dados calculados/estimados até o item 1.3.9 são inseridos na aba “ENTRADAS ANUAIS” do software automaticamente. Nesta aba é realizada a Avaliação Emergética das entradas dos sistemas de estudo em cinco tabelas, estas tabelas foram apresentadas no item resultados e discussão deste estudo.

1.4 ESTOQUES

1.4.1 BIOMASSA

A biomassa arbórea total foi medida para este trabalho segundo Alves et al. (1997) e Cairns et al. (1997), biomassa aérea e total respectivamente; com os valores brutos foi feita uma curva de ajuste com Modelo de Boltzmann (Tabela 29), a Figura 5 ilustra a curva de ajuste com os valores brutos, que foram convertidos na Tabela 30.

TABELA 29. Valores de biomassa total.

Idade da área	Biomassa seca[a] (t/ha)	Biomassa seca[b] (t/ha)
0 ano	26,18	**48,12**
07 anos	261,78	**146,20**
25 anos	470,27	**519,59**
75 anos	1190,86	**1.133,52**
200 anos	1147,31	**1.191,95**

[a] Valores brutos, resultado da coleta de campo; como não foi mensurada a biomassa de gramínea da área com 0 ano, considerou-se 10% da biomassa da área com 7 anos.

[b] Valores da curva de ajuste.

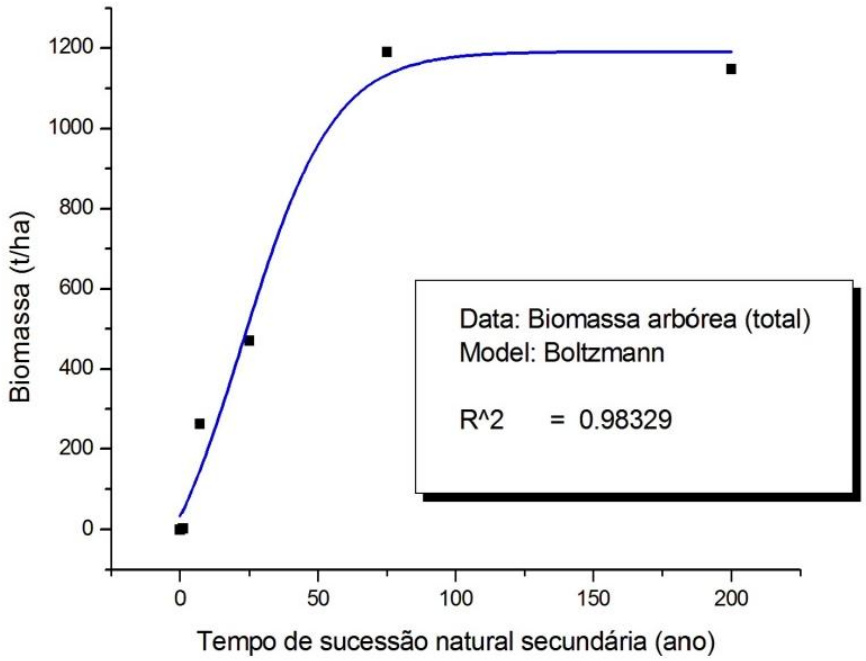

FIGURA 5 – Curva de ajuste com os valores interpolados da biomassa arbórea total.

TABELA 30 – Conversão dos valores interpolados da biomassa arbórea total.

Conversão do estoque de biomassa verde.				
Idade do fragmento	Biomassa vegetal e arbórea seca[1] (t/ha)	Biomassa vegetal e arbórea seca[2] (kg C/ha)	Biomassa vegetal e arbórea seca[3] (kg/ha)	Biomassa vegetal e arbórea seca[4] (J/ha)
0 ano	33,54	15.093,00	33.540,00	1,1E+12
07 anos	146,20	65.790,00	146.200,00	4,7E+12
25 anos	519,59	233.815,50	519.590,00	1,7E+13
75 anos	1.133,52	510.084,00	1.133.520,00	3,7E+13
200 anos	1.191,95	536.377,50	1.191.950,00	3,8E+13

[1]Biomassa aérea calculada;

Fator de conversão de biomassa total para C = 0,45 (Brown e Bardi, 2001)

$$^{2}\text{Conversão} = \frac{\text{kg de biomassa}}{\text{ha}} \times 0{,}45 = \frac{\text{kg de C}}{\text{ha}} \qquad \text{[eq. 29]}$$

$$^{3}\text{Conversão} = \frac{\text{t}}{\text{ha}} \times \frac{1000\ \text{kg}}{\text{t}} = \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \qquad \text{[eq. 30]}$$

Média da energia da biomassa seca = 4,71 kcal/g de biomassa de acordo com Quirino et al. (2004); este valor foi convertido na Tabela 31.

TABELA 31 – Conversão da energia da biomassa.

Quirino et al. (2004)	7,71	J/kg de biomassa* 32280228,00

$$^{*}\text{Conversão} = \frac{4{,}71\ \text{kcal}}{\text{g}} \times \frac{4186{,}8\ \text{J}}{\text{kcal}} \times \frac{1000\ \text{g}}{\text{kg}} = \frac{\text{J}}{\text{kg}} \qquad \text{[eq. 31]}$$

$$^{4}\text{Conversão} = \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times \frac{\text{kg}}{\text{ha}} = \frac{\text{J}}{\text{ha}} \qquad \text{[eq. 32]}$$

A biomassa de serapilheira foi convertida na Tabela 32, estes valores foram somados (Tabela 33) com a biomassa total para serem utilizados nas estimativas de metanotrofia e fotossíntese, no item 1.3.6 deste memorial.

TABELA 32 – Conversão da biomassa da serapilheira.

Conversão do estoque de biomassa da serapilheira.				
Idade do fragmento	Biomassa da serapilheira[1] (t/ha.ano)	Biomassa da serapilheira[2] (kgC/ha.ano)	Biomassa da serapilheira[3] (kg/ha.ano)	Energia da serapilheira[4] (J/ha.ano)
0 ano	0,96	431,55	959,00	3,1E+10
07 anos	9,59	4.315,49	9.589,97	3,1E+11
25 anos	10,07	4.531,58	10.070,18	3,3E+11
75 anos	10,37	4.667,58	10.372,39	3,3E+11
200 anos	11,70	5.265,04	11.700,08	3,8E+11

[1] Pezzatto e Wisnewski (2006); para o ano 0 foi considerada 10% da biomassa de serapilheira do ano 7. As equações empregadas aqui são as mesmas da Tabela 31 e 32 acima.

TABELA 33 – Somatória (Σ) da biomassa arbórea (vegetal) com a biomassa da serapilheira.

Conversão do estoque de biomassa verde.			
Idade do fragmento	Biomassa vegetal e arbórea seca[2] (kg C/ha)	Biomassa da serapilheira[2] (kgC/ha)	Σ = Produção total de biomassa/ha
0 ano	15.093	432	15.525
07 anos	65.790	4.315	70.105
25 anos	233.816	4.532	238.347
75 anos	510.084	4.668	514.752
200 anos	536.378	5.265	541.643

[1]Valores da Tabela 31;

[2]Valores da Tabela 33.

Neste estudo, considerou-se a importância da água estocada na biomassa arbórea, que foi calculada na Tabela 34 a partir dos dados de biomassa seca.

TABELA 34 – Cálculo da biomassa verde úmida e água estocada na biomassa.

Cálculo da biomassa verde úmida e água estocada na biomassa verde.						
Idade do fragmento	Biomassa vegetal e arbórea seca[1] (t/ha)	Biomassa vegetal e arbórea úmida[2] (t/ha)	Água estocada na biomassa[3] (t/ha)	Água estocada na biomassa[4] (kg/ha)	Água estocada na biomassa[5] (J/ha)	Percentual de umidade
0 ano	33,54	55,90	22,36	22.360	1,1E+08	40
07 anos	146,2	243,67	97,47	97.467	4,8E+08	40
25 anos	519,59	865,98	346,39	346.393	1,7E+09	40
75 anos	1133,52	1.889,20	755,68	755.680	3,7E+09	40
200 anos	1191,95	1.986,58	794,63	794.633	3,9E+09	40

Percentual de umidade de 40%, segundo Brown e Bardi (2001).

[2] Cálculo para ano 0 = (33,54*100)/60 = 55,90 t/ha [eq. 33]

[2] Cálculo para 07 anos = (146,20*100)/60 = 243,67 t/ha [eq. 34]

[2] Cálculo para 25 anos = (519,59*100)/60 = 865,98 t/ha [eq. 35]

[2] Cálculo para 75 anos = (1133,53*100)/60 = 1889,20 t/ha [eq. 36]

[2] Cálculo para 200 anos = (1191,95*100)/60 = 1986,58 t/ha [eq. 37]

[3] Cálculo = (biomassa úmida) – (biomassa seca) = água t/ha [eq. 38]

[4] Cálculo = (t/ha) x (1000 kg/t) = kg/ha [eq. 39]

[5] $\text{Conversão} = \left(\frac{t}{ha} \times \frac{1E6\,g}{t} \times \frac{4{,}94\,J}{g}\right) = \frac{J}{ha}$ [eq. 40]

Os fluxos anuais de água (* Tabela 35) fixada na biomassa arbórea foram determinados após interpolar os dados do estoque de água.

TABELA 35 – Diferença entre os estoques de água na biomassa e fluxo anual de água fixada.

Cálculo da fluxo de água para compor a biomassa.		
Idade do fragmento	Estoque água interpolado (kg/ha)	Fluxo de água* (kg/ha.ano)
0 ano	22.360	
01 ano	33.090	10.729,57
06 anos	86.737	
07 anos	97.467	10.729,57
24 anos	332.564	
25 anos	346.393	13.829,22
74 anos	747.494	
75 anos	755.680	8.185,74
199 anos	794.321	
200 anos	794.633	311,62

* Fluxo = $(t_1 - t_0)$ = kg/ha.ano [eq. 41]

1.4.2 ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA LÍQUIDA – PPL

A PPL foi estimada pela interpolação dos dados de estoque de biomassa, com posterior cálculo da diferença entre os estoques anuais, obtendo a taxa anual de fixação (Tabela 36).

TABELA 36 – Estimativa da Produtividade Primária Líquida.

Estimativa e conversão da PPL				
Idade do fragmento	C na fixado na biomassa[a] (kg C/ha)	PPL estimada[b] (kg C/ha.ano)	PPL estimada[c] (kg biomassa /ha.ano)	PPL estimada[d] (J/ha.ano)
0 ano	15093			
01 ano	22335	7.242	16.094	519.527.212.252
06 anos	58548			
07 anos	65790	7.242	16.094	519.527.212.252
24 anos	224481			
25 anos	233816	9.335	20.744	669.619.455.706
74 anos	504559			
75 anos	510084	5.525	12.279	396.355.290.182
199 anos	536168			
200 anos	536378	210	467	15.089.356.712

[a] Valores interpolados

[b] Fluxo = $(t_1 - t_0)$ = kg/ha.ano [eq. 42]

Fator de conversão de biomassa total para C = 0,45 (Brown e Bardi, 2001, Embrapa, 2002).

[c] $\text{Conversão} = \frac{\text{kg de C}}{\text{ha}} \div 0{,}45 = \frac{\text{kg de biomassa}}{\text{ha}}$ [eq. 43]

[d] $\text{Conversão} = \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times \frac{\text{kg}}{\text{ha}} = \frac{\text{J}}{\text{ha}}$ [eq. 44]

1.4.3 ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA BRUTA (PPB) E DA RESPIRAÇÃO VEGETAL (RV)

Os cálculos estequiométricos da respiração vegetal líquida foram guiados pelas porcentagens obtidas na Tabela 37.

TABELA 37 – Estimativa da porcentagem da PPL e da RV.

Estimativa das porcentagens de PPB - PPL - RV			
Idade do fragmento	PPB (%)	PPL (%)	RV tratada (%)
0 ano	100	88	12,5
07 anos	100	87	12,8
25 anos	100	86	14,3
75 anos	100	75	25,1
200 anos	100	42	57,7

A % da RV do sistema com 0 e 200 anos foi obtida na literatura (ODUM, 1998), estes dados foram interpolados para se obter a RV dos demais sistemas.
A % da PPL foi obtida pela diferença entre PPB e RV.

As porcentagens da Tabela 37 possibilitaram o cálculo do valor mássico da Tabela 38.

TABELA 38 – Estimativa da PPB e da RV.

Estimativa da PPB e da Respiração Vegetal (RV)				
Idade do fragmento	PPL* (kg C/ha.ano)	PPB[1] (kg C/ha.ano)	RV (kg C/ha.ano)	RV (kg CO_2/ha.ano)
0 ano	7.242	8.273	1.031	3.777
07 anos	7.242	8.307	1.065	3.902
25 anos	9.335	10.886	1.551	5.684
75 anos	5.525	7.375	1.850	6.777
200 anos	210	497	286	1.050

*Tabela 36

[1] (kg C/ha.ano da PPL * 100) / % da PPB = kg C/ha.ano da PPB [eq. 45]

RV em C = PPB – PPL [eq. 46]

RV em CO_2 = ([{ uma C} + 2x uma O] / uma C) x RV [eq. 47]

1.4.4 RESPIRAÇÃO EDÁFICA – RE

A RE foi medida para este estudo para identificar a quantidade de C que é liberado para atmosfera pela microbiota edáfica dos sistemas (Tabela 39). A redução de emissão de C sugere o equilíbrio e a estabilização do sistema.

TABELA 39. Conversões dos resultados da análise de Respiração Edáfica - RE

Cálculo e conversão da respiração edáfica das áreas de estudo.								
Idade do fragmento	Valor* ($mgCO_2$/200g solo/21dias)	Valor[1] (gCO_2/gsolo/ 21dias)	Peso do solo no perfil 0,0-0,05m (g/m^3)	RE[2] (gCO_2/ha/ 21dias)	RE[3] ($kgCO_2$/ ha/21dias	RE[4] ($kgCO_2$/ ha/dia)	RE[5] ($kgCO_2$/ ha/ano)	RE[6] (kgC/ha/ ano)
0 ano	208,9	0,0010443	1.500.000	783.188	783	37	13.613	3.715
07 anos	352,5	0,0017625	984.200	867.302	867	41	15.075	4.114
25 anos	281,0	0,0014051	979.000	687.772	688	33	11.954	3.262
75 anos	449,8	0,0022489	352.200	396.031	396	19	6.883	1.878
200 anos	500,2	0,0025012	129.000	161.324	161	8	2.804	765

*Valor medido pelo laboratório do CCA/UFSCar para este estudo.

$$^{1}\text{Conversão} = \left(\frac{mgCO_2}{200g\ solo/21dias} \times \frac{g}{1000mg}\right) \div 200g\ solo = \frac{g\ CO_2}{g\ solo/21dias} \qquad \text{[eq. 48]}$$

$$^{2}\text{Conversão} = \left(\frac{gCO_2}{g\ solo/21dias} \times \frac{g\ solo}{m^3} \times \frac{500\ m^3}{ha}\right) = \frac{g\ CO_2}{ha/21dias} \qquad \text{[eq. 49]}$$

$$^{3}\text{Conversão} = \left(\frac{gCO2}{ha/21dias} \times \frac{kg}{1000\ g}\right) = \frac{kg\ CO2}{ha/21dias} \qquad \text{[eq. 50]}$$

$$^{4}\text{Conversão} = \left(\frac{kg\ CO_2}{ha/21dias}\right) \div 21\ dias = \frac{kg\ CO_2}{ha/dia} \qquad \text{[eq. 51]}$$

$$^{5}\text{Conversão} = \left(\frac{kg\ CO_2}{ha/dia} \times \frac{365\ dias}{ano}\right) = \frac{kg\ CO_2}{ha/ano} \qquad \text{[eq. 52]}$$

- Massa atômica do C = 12,011 que equivale a 27,29% da massa total da molécula de CO_2;

$$^{6}\text{Conversão} = \left(\frac{kg\ CO_2}{ha/ano}\right) \times 0{,}2729 = \frac{kg\ C}{ha/ano} \qquad \text{[eq. 53]}$$

1.4.5 SERAPILHEIRA

A altura (h em cm) da camada de serapilheira foi medida em campo em 20 pontos em cada área de estudo. Estes valores foram convertidos para metros (m) e, posteriormente, foi calculado o volume de serapilheira (m^3/ha) (Tabela 40).

TABELA 40. Cálculo da serapilheira das áreas de estudo.

Cálculo da altura e do volume de serapilheira.										
	h serapilheira (cm)[a]					h serapilheira (m)[b]				
Idade da área (anos)	0	7	25	75	200	0	7	25	75	200
Nº da amostra	Dados mensurados no campo.									
1	0	3,0	3,0	6,0	8,0	0,0	0,03	0,03	0,06	0,08
2	0	2,5	4,0	7,0	9,5	0,0	0,03	0,04	0,07	0,10
3	0	3,0	3,5	5,0	12,0	0,0	0,03	0,04	0,05	0,12
4	0	3,0	5,0	5,5	9,5	0,0	0,03	0,05	0,06	0,10
5	0	2,0	3,0	6,0	9,0	0,0	0,02	0,03	0,06	0,09
6	0	3,5	3,5	7,5	9,0	0,0	0,04	0,04	0,08	0,09
7	0	3,0	3,5	7,0	9,5	0,0	0,03	0,04	0,07	0,10
8	0	4,0	3,0	5,5	9,5	0,0	0,04	0,03	0,06	0,10
9	0	2,0	3,5	5,0	7,5	0,0	0,02	0,04	0,05	0,08
10	0	2,5	3,0	6,0	8,0	0,0	0,03	0,03	0,06	0,08
11	0	2,0	5,0	5,0	11,0	0,0	0,02	0,05	0,05	0,11
12	0	1,5	4,0	5,0	9,0	0,0	0,02	0,04	0,05	0,09
13	0	3,0	3,0	5,5	8,0	0,0	0,03	0,03	0,06	0,08
14	0	3,0	3,5	6,0	11,0	0,0	0,03	0,04	0,06	0,11
15	0	2,5	3,0	5,0	13,0	0,0	0,03	0,03	0,05	0,13
16	0	3,5	5,0	7,5	12,5	0,0	0,04	0,05	0,08	0,13
17	0	2,0	3,5	5,5	9,0	0,0	0,02	0,04	0,06	0,09
18	0	3,0	5,0	8,0	7,5	0,0	0,03	0,05	0,08	0,08
19	0	2,5	3,5	6,0	9,5	0,0	0,03	0,04	0,06	0,10
20	0	3,0	4,0	7,5	8,0	0,0	0,03	0,04	0,08	0,08
	0	3	4	6	10	0,00	0,03	0,04	0,06	0,10
	média					média				
					volume (m^3/ha)[c]	27,3	272,5	372,5	607,5	950,0

[a] Dados coletados em campo;

[b] Conversão = (h em cm / 100) = h em m [eq. 54]

[c] Conversão = h em m $\times \frac{10.000 m^2}{ha} = \frac{m^3}{ha}$ [eq. 55]

1.4.6 BIOMASSA DE MICRORGANISMOS

As amostras foram coletadas em campo (triplicata) e a biomassa de microrganismos foi quantificada em laboratório. Os resultados apresentados na Tabela 41 correspondem as médias das análises, realizadas em triplicata.

TABELA 41. Calculo dos valores de biomassa microbiana do solo

Cálculo e conversão da biomassa microbiana.						
Idade da área (anos)	Biomassa microbiana (µgC/g solo)	Biomassa[a] microbiana (gC/g solo)	Peso do solo[b] (g/0,1m no ha)	Biomassa microbiana[c] (gC/ha)	Biomassa microbiana[d] (kgC/ha)	*Energia da biomassa microbiana[e] (J/ha)
0 ano	47,18	0,000047	9,8E+08	46436,3	46,4	1,9E+09
07 anos	50,40	0,000050	9,8E+08	49607,7	49,6	2,1E+09
25 anos	45,25	0,000045	9,8E+08	44302,2	44,3	1,9E+09
75 anos	101,92	0,000102	3,5E+08	35895,9	35,9	1,5E+09
200 anos	245,05	0,000245	1,3E+08	31611,5	31,6	1,3E+09

[a] $\text{Conversão} = \frac{\mu g\ C}{g\ solo} \times \frac{g}{1E6\ \mu g} = \frac{g\ C}{g\ solo}$ [eq. 56]

[b] $\text{Conversão} = \text{g de solo} \times \text{h do perfil } (0{,}1\ m) \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{g\ solo}{ha}$ [eq. 57]

[c] $\text{Conversão} = \frac{g\ C}{g\ solo} \times \frac{g\ solo}{ha} = \frac{g\ C}{ha\ na\ h\ do\ perfil}$ [eq. 58]

[d] $\text{Conversão} = \frac{g\ C}{ha} \times \frac{kg}{1000\ g} = \frac{kg\ C}{ha\ na\ h\ do\ perfil}$ [eq. 59]

* $\text{Conversão} = \frac{g\ C}{ha} \times \frac{2\ g\ solo\ seco}{g\ C} \times \frac{20930\ J}{g\ solo\ seco} = \frac{J}{ha\ na\ h\ do\ perfil}$ (Odum, 2002) [eq. 60]

1.4.7 ENERGIA DA ESTRUTURA DO SOLO

Cohen (2003) realizou o cálculo da Energia Potencial da Estrutura do Solo (EPES) aplicando a Equação 61:

$$^{E}EPES = \frac{m^3}{ha} \times \frac{kg}{m^3} \times \frac{m}{s^2} \times h\ m = \frac{J}{ha\ na\ h\ do\ perfil} \qquad \text{[eq. 61]}$$

onde:

^{A} = 1E4 m^2 (ha) x 0,4 m (h total do perfil) = m^3/ha

^{B} = Tabela 12a. = kg/m^3

^{C} = 9,8 m/s^2 (constante)

^{D} = Diferença entre os centros de gravidade do perfil amostrado = h m (calculado)

Para se calcular a diferença (m) entre os centros de gravidade, usou-se a dedução ao analisar na Tabela 42 um recorte da Tabela 44, onde estão grifado as concentrações de MO com 18 g/dm^3; para o ano 75, considerou-se o valor de 18 g/dm^3 na h de 0,20 m (que está entre as [MO] de 31 e 10 g/dm^3.

TABELA 42 – Concentração de MO (recorte da Tabela 43)

Idade do fragmento	Perfil (m)	[MO_{solo}] (g/dm^3)
0 ano	0,00 - 0,05	18
	0,05 - 0,10	14
	0,10 - 0,20	14
	0,20 - 0,40	10
		total
07 anos	0,00 - 0,05	32
	0,05 - 0,10	18
	0,10 - 0,20	12
	0,20 - 0,40	9
		total
25 anos	0,00 - 0,05	36
	0,05 - 0,10	28
	0,10 - 0,20	18
	0,20 - 0,40	9
		total
75 anos	0,00 - 0,05	76
	0,05 - 0,10	50
	0,10 - 0,20	31
	0,20 - 0,40	10
		total
200 anos	0,00 - 0,05	90
	0,05 - 0,10	65
	0,10 - 0,20	40
	0,20 - 0,40	18
		total

A Figura 6, que ilustra a formação do solo, foi elaborada para aplicar a lógica da dedução. Pode-se observar que a amostra foi coletada com uma sonda, em todos os sistemas de estudo, na mesma profundidade e a concentração de MO de 18 g/dm3 (valor e linha em azul) guiou a elaboração dos perfis de solo que possibilitou o cálculo da diferença entre os centos de gravidade de cada perfil. A linha em vermelho aponta o centro de gravidade de referência (ano 0) e a linha verde aponta o centro de gravidade do perfil estudado.

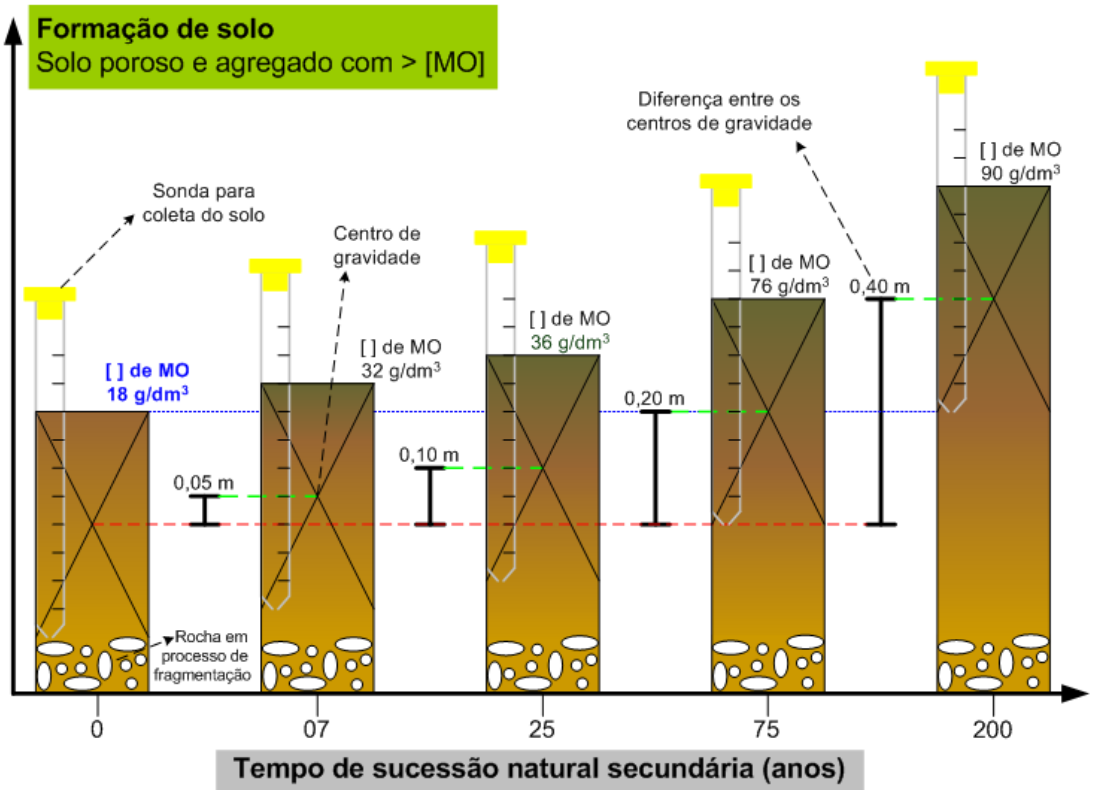

FIGURA 6 – Ilustração da formação do solo em função do tempo de sucessão.

A Tabela 43 apresenta os valores empregados no cálculo da energia da estrutura do solo.

TABELA 43. Cálculo da energia da estrutura do solo.

Cálculo da energia potencial da estrutura do solo.							
Idade do fragmento	Perfil (m)	h do perfil (m)	Volume[A] (m^3/ha)	Solo[B] (kg/m^3)	Aceleração da gravidade[C] (m/s^2)	Altura[D] (h m)	Energia potencial da estrutura do solo[E] (J/ha na h do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	0,05	500	1500	9,8	0,00	0,0E+00
	0,05 - 0,10	0,05	500	1720	9,8	0,00	0,0E+00
	0,10 - 0,20	0,10	1000	1610	9,8	0,00	0,0E+00
	0,20 - 0,40	0,20	2000	1610	9,8	0,00	0,0E+00
	total	0,40	4000	6440			0,0E+00
07 anos	0,00 - 0,05	0,05	500	984	9,8	0,05	2,4E+05
	0,05 - 0,10	0,05	500	1363	9,8	0,05	3,3E+05
	0,10 - 0,20	0,10	1000	1518	9,8	0,05	7,4E+05
	0,20 - 0,40	0,20	2000	1518	9,8	0,05	1,5E+06
	total	0,40	4000	5382			2,8E+06
25 anos	0,00 - 0,05	0,05	500	979	9,8	0,10	4,8E+05
	0,05 - 0,10	0,05	500	1344	9,8	0,10	6,6E+05
	0,10 - 0,20	0,10	1000	1184	9,8	0,10	1,2E+06
	0,20 - 0,40	0,20	2000	1184	9,8	0,10	2,3E+06
	total	0,40	4000	4691			4,6E+06
75 anos	0,00 - 0,05	0,05	500	352	9,8	0,20	3,5E+05
	0,05 - 0,10	0,05	500	1192	9,8	0,20	1,2E+06
	0,10 - 0,20	0,10	1000	1140	9,8	0,20	2,2E+06
	0,20 - 0,40	0,20	2000	1140	9,8	0,20	4,5E+06
	total	0,40	4000	3823			8,2E+06
200 anos	0,00 - 0,05	0,05	500	129	9,8	0,40	2,5E+05
	0,05 - 0,10	0,05	500	527	9,8	0,40	1,0E+06
	0,10 - 0,20	0,10	1000	819	9,8	0,40	3,2E+06
	0,20 - 0,40	0,20	2000	819	9,8	0,40	6,4E+06
	total	0,40	4000	2293			1,1E+07

1.4.8 MACRO E MICRONUTRIENTES DO SOLO

Os teores se referem aos nutrientes disponíveis ou solúveis para a assimilação das plantas e estão ilustrados no diagrama como “estoques internos”.

1.4.8.1 MATÉRIA ORGÂNICA (MO) DO SOLO

O resultado analítico da matéria orgânica e sua conversão estão na Tabela 44.

TABELA 44. Resultado analítico e conversão da matéria orgânica do solo.

Rasultado analítico e conversão da MO do solo.

Idade do fragmento	Perfil (m)	$[MO_{solo}]$ (g/dm^3)	$[MO_{solo}]^1$ (g/ha)	$[MO_{solo}]^2$ (kg/ha)	Altura do segmento do perfil (h m)	$[MO_{solo}]^3$ (J/ha)
0 ano	0,00 - 0,05	18	9.000.000	9.000	0,05	2,0E+11
	0,05 - 0,10	14	7.000.000	7.000	0,05	1,6E+11
	0,10 - 0,20	14	7.000.000	7.000	0,10	1,6E+11
	0,20 - 0,40	10	5.000.000	5.000	0,20	1,1E+11
		total	28.000.000	28.000	total	6,3E+11
07 anos	0,00 - 0,05	32	16.000.000	16.000	0,05	3,6E+11
	0,05 - 0,10	18	9.000.000	9.000	0,05	2,0E+11
	0,10 - 0,20	12	12.000.000	12.000	0,10	2,7E+11
	0,20 - 0,40	9	18.000.000	18.000	0,20	4,1E+11
		total	55.000.000	55.000	total	1,2E+12
25 anos	0,00 - 0,05	36	18.000.000	18.000	0,05	4,1E+11
	0,05 - 0,10	28	14.000.000	14.000	0,05	3,2E+11
	0,10 - 0,20	18	18.000.000	18.000	0,10	4,1E+11
	0,20 - 0,40	9	18.000.000	18.000	0,20	4,1E+11
		total	68.000.000	68.000	total	1,5E+12
75 anos	0,00 - 0,05	76	38.000.000	38.000	0,05	8,6E+11
	0,05 - 0,10	50	25.000.000	25.000	0,05	5,7E+11
	0,10 - 0,20	31	31.000.000	31.000	0,10	7,0E+11
	0,20 - 0,40	10	20.000.000	20.000	0,20	4,5E+11
		total	114.000.000	114.000	total	2,6E+12
200 anos	0,00 - 0,05	90	45.000.000	45.000	0,05	1,0E+12
	0,05 - 0,10	65	32.500.000	32.500	0,05	7,3E+11
	0,10 - 0,20	40	40.000.000	40.000	0,10	9,0E+11
	0,20 - 0,40	18	36.000.000	36.000	0,20	8,1E+11
		total	153.500.000	153.500	total	3,5E+12

$$^1[MO_{solo}] = \left(\frac{g}{dm^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3}\right) = \frac{g}{ha\ na\ h\ do\ perfil} \qquad \text{[eq. 62]}$$

[2] $[MO_{solo}] = \left(\frac{g}{ha} \times \frac{kg}{1000\ g}\right) = \frac{kg}{ha}$ [eq. 63]

[3] $[MO_{solo}] = \left(\frac{g}{ha} \times \frac{5{,}4\ Kcal}{g} \times \frac{4186\ J}{Kcal}\right) = \frac{J}{ha\ na\ h\ do\ perfil}$ (ODUM, 1996) [eq. 64]

1.4.8.2 FÓSFORO – P

TABELA 45. Conversão dos valores de Fósforo do solo.

Rasultado analítico e conversão do Fósforo solúvel do solo.				
Idade do fragmento	Perfil (m)	Valor (mg/dm^3)	Altura do segmento do perfil (h m)	$[P_{solo}]$ (kg/ha na h do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	9	0,05	4,50
	0,05 - 0,10	10	0,05	5,00
	0,10 - 0,20	9	0,10	9,00
	0,20 - 0,40	10	0,20	20,00
			total	38,50
07 anos	0,00 - 0,05	11	0,05	5,50
	0,05 - 0,10	10	0,05	5,00
	0,10 - 0,20	6	0,10	6,00
	0,20 - 0,40	8	0,20	16,00
			total	32,50
25 anos	0,00 - 0,05	9	0,05	4,50
	0,05 - 0,10	9	0,05	4,50
	0,10 - 0,20	7	0,10	7,00
	0,20 - 0,40	7	0,20	14,00
			total	30,00
75 anos	0,00 - 0,05	21	0,05	10,50
	0,05 - 0,10	14	0,05	7,00
	0,10 - 0,20	10	0,10	10,00
	0,20 - 0,40	7	0,20	14,00
			total	41,50
200 anos	0,00 - 0,05	31	0,05	15,50
	0,05 - 0,10	20	0,05	10,00
	0,10 - 0,20	13	0,10	13,00
	0,20 - 0,40	11	0,20	22,00
			total	60,50

$[P_{solo}] = \frac{mg}{dm^3} \times \frac{kg}{1E6\ mg} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{kg}{ha\ na\ h\ do\ perfil}$ [eq. 65]

1.4.8.3 POTÁSSIO – K

TABELA 46. Conversão dos valores de Potássio do solo

Rasultado analítico e conversão do Potássio solúvel do solo.				
Idade do fragmento	Perfil (m)	Valor ($mmol_c/dm^3$)	Altura do segmento do perfil (h m)	[K_{solo}] (kg/ha na h do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	2,4	0,05	46,92
	0,05 - 0,10	2,2	0,05	43,01
	0,10 - 0,20	1,5	0,10	58,65
	0,20 - 0,40	1,1	0,20	86,02
			total	234,59
07 anos	0,00 - 0,05	3,2	0,05	62,56
	0,05 - 0,10	3,6	0,05	70,38
	0,10 - 0,20	4,2	0,10	164,21
	0,20 - 0,40	3,3	0,20	258,05
			total	555,20
25 anos	0,00 - 0,05	2,2	0,05	43,01
	0,05 - 0,10	2,0	0,05	39,10
	0,10 - 0,20	1,2	0,10	46,92
	0,20 - 0,40	0,5	0,20	39,10
			total	168,12
75 anos	0,00 - 0,05	1,2	0,05	23,46
	0,05 - 0,10	1,5	0,05	29,32
	0,10 - 0,20	0,9	0,10	35,19
	0,20 - 0,40	0,9	0,20	70,38
			total	158,35
200 anos	0,00 - 0,05	2,4	0,05	46,92
	0,05 - 0,10	1,8	0,05	35,19
	0,10 - 0,20	1,9	0,10	74,29
	0,20 - 0,40	3,7	0,20	289,33
			total	445,72

Massa Atômica = 39,0983

Valência do íon = 1

$$[K_{solo}] = \frac{\text{massa atômica}}{\text{valência do íion}} \times \frac{mmol_c}{dm^3} = \frac{mg}{dm^3} \qquad \text{[eq. 66]}$$

$$[K_{solo}] = \frac{mg}{dm^3} \times \frac{kg}{1E6\ mg} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{kg}{\text{ha na h do perfil}} \qquad \text{[eq. 67]}$$

1.4.8.4 CÁLCIO - Ca

TABELA 47. Conversão dos valores de Cálcio do solo.

Rasultado analítico e conversão do Cálcio solúvel do solo.				
Idade do fragmento	Perfil (m)	Valor ($mmol_c/dm^3$)	Altura do segmento do perfil (h m)	[Ca_{solo}] (kg/ha na Δ do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	11,0	0,05	110,21
	0,05 - 0,10	9,0	0,05	90,18
	0,10 - 0,20	7,0	0,10	140,27
	0,20 - 0,40	7,0	0,20	280,55
			total	621,21
07 anos	0,00 - 0,05	35,0	0,05	350,68
	0,05 - 0,10	20,0	0,05	200,39
	0,10 - 0,20	14,0	0,10	280,55
	0,20 - 0,40	11,0	0,20	440,86
			total	1.272,48
25 anos	0,00 - 0,05	50,0	0,05	500,98
	0,05 - 0,10	41,0	0,05	410,80
	0,10 - 0,20	48,0	0,10	961,87
	0,20 - 0,40	61,0	0,20	2.444,76
			total	4.318,40
75 anos	0,00 - 0,05	41,0	0,05	410,80
	0,05 - 0,10	40,0	0,05	400,78
	0,10 - 0,20	38,0	0,10	761,48
	0,20 - 0,40	32,0	0,20	1.282,50
			total	2.855,56
200 anos	0,00 - 0,05	70,0	0,05	701,37
	0,05 - 0,10	61,0	0,05	611,19
	0,10 - 0,20	46,0	0,10	921,79
	0,20 - 0,40	29,0	0,20	1.162,26
			total	3.396,61

Massa Atômica = 40,078

Valência do Íon = 2

$$[Ca_{solo}] = \frac{\text{massa atômica}}{\text{valência do íion}} \times \frac{mmol_c}{dm^3} = \frac{mg}{dm^3} \qquad \text{[eq. 68]}$$

$$[Ca_{solo}] = \frac{mg}{dm^3} \times \frac{kg}{1E6\ mg} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{kg}{\text{ha na h do perfil}} \qquad \text{[eq. 69]}$$

1.4.8.5 MAGNÉSIO - Mg

TABELA 48. Conversão dos valores de Magnésio do solo.

Rasultado analítico e conversão do Magnésio solúvel do solo.				
Idade do fragmento	Perfil (m)	Valor ($mmol_c/dm^3$)	Altura do segmento do perfil (h m)	$[Mg_{solo}]$ (kg/ha na Δ do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	6,0	0,05	36,46
	0,05 - 0,10	3,0	0,05	18,23
	0,10 - 0,20	2,0	0,10	24,31
	0,20 - 0,40	2,0	0,20	48,61
			total	127,60
07 anos	0,00 - 0,05	17,0	0,05	103,30
	0,05 - 0,10	12,0	0,05	72,92
	0,10 - 0,20	8,0	0,10	97,22
	0,20 - 0,40	6,0	0,20	145,83
			total	419,26
25 anos	0,00 - 0,05	15,0	0,05	91,14
	0,05 - 0,10	12,0	0,05	72,92
	0,10 - 0,20	11,0	0,10	133,68
	0,20 - 0,40	9,0	0,20	218,75
			total	516,48
75 anos	0,00 - 0,05	9,0	0,05	54,69
	0,05 - 0,10	12,0	0,05	72,92
	0,10 - 0,20	16,0	0,10	194,44
	0,20 - 0,40	17,0	0,20	413,19
			total	735,23
200 anos	0,00 - 0,05	38,0	0,05	230,90
	0,05 - 0,10	36,0	0,05	218,75
	0,10 - 0,20	30,0	0,10	364,58
	0,20 - 0,40	20,0	0,20	486,10
			total	1.300,32

Massa Atômica = 24,3050

Valência do íon = 2

$$[Mg_{solo}] = \frac{\text{massa atômica}}{\text{valência do íon}} \times \frac{mmol_c}{dm^3} = \frac{mg}{dm^3} \qquad \text{[eq. 70]}$$

$$[Mg_{solo}] = \frac{mg}{dm^3} \times \frac{kg}{1E6\ mg} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{kg}{\text{ha na h do perfil}} \qquad \text{[eq. 71]}$$

1.4.8.6 ALUMÍNIO - Al

TABELA 49. Conversão dos valores Alumínio do solo.

Rasultado analítico e conversão do Alumínio solúvel do solo.				
Idade do fragmento	Perfil (m)	Valor ($mmol_c/dm^3$)	Altura do segmento do perfil (h m)	[Al_{solo}] (kg/ha na h do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	4,0	0,05	17,99
	0,05 - 0,10	3,7	0,05	16,64
	0,10 - 0,20	3,8	0,10	34,18
	0,20 - 0,40	6,7	0,20	120,52
			total	189,32
07 anos	0,00 - 0,05	0,5	0,05	2,25
	0,05 - 0,10	1,3	0,05	5,85
	0,10 - 0,20	3,0	0,10	26,98
	0,20 - 0,40	4,8	0,20	86,34
			total	121,42
25 anos	0,00 - 0,05	0,7	0,05	3,15
	0,05 - 0,10	0,6	0,05	2,70
	0,10 - 0,20	0,2	0,10	1,80
	0,20 - 0,40	0,2	0,20	3,60
			total	11,24
75 anos	0,00 - 0,05	0,2	0,05	0,90
	0,05 - 0,10	0,2	0,05	0,90
	0,10 - 0,20	0,6	0,10	5,40
	0,20 - 0,40	1,2	0,20	21,59
			total	28,78
200 anos	0,00 - 0,05	0,2	0,05	0,90
	0,05 - 0,10	0,2	0,05	0,90
	0,10 - 0,20	0,2	0,10	1,80
	0,20 - 0,40	0,2	0,20	3,60
			total	7,20

Massa Atômica = 26,9815

Valência do Íon = 3

$$[Al_{solo}] = \frac{\text{massa atômica}}{\text{valência do íion}} \times \frac{mmol_c}{dm^3} = \frac{mg}{dm^3} \qquad \text{[eq. 72]}$$

$$[Al_{solo}] = \frac{mg}{dm^3} \times \frac{kg}{1E6\ mg} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{kg}{\text{ha na h do perfil}} \qquad \text{[eq. 73]}$$

1.4.8.7 HIDROGÊNIO - H

TABELA 50. Conversão dos valores de Hidrogênio do solo.

Resultado analítico e conversão do Hidrogênio solúvel do solo.				
Idade do fragmento	Perfil (m)	Valor ($mmol_c/dm^3$)	Altura do segmento do perfil (h m)	$[H_{solo}]$ (kg/ha na h do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	29,0	0,05	14,61
	0,05 - 0,10	32,3	0,05	16,28
	0,10 - 0,20	32,2	0,10	32,45
	0,20 - 0,40	31,3	0,20	63,09
			total	126,44
07 anos	0,00 - 0,05	16,5	0,05	8,32
	0,05 - 0,10	24,7	0,05	12,45
	0,10 - 0,20	25,0	0,10	25,20
	0,20 - 0,40	19,2	0,20	38,70
			total	84,66
25 anos	0,00 - 0,05	20,3	0,05	10,23
	0,05 - 0,10	27,4	0,05	13,81
	0,10 - 0,20	20,8	0,10	20,96
	0,20 - 0,40	12,8	0,20	25,80
			total	70,80
75 anos	0,00 - 0,05	14,8	0,05	7,46
	0,05 - 0,10	18,8	0,05	9,47
	0,10 - 0,20	27,4	0,10	27,62
	0,20 - 0,40	23,8	0,20	47,98
			total	92,53
200 anos	0,00 - 0,05	12,8	0,05	6,45
	0,05 - 0,10	12,8	0,05	6,45
	0,10 - 0,20	14,8	0,10	14,92
	0,20 - 0,40	18,8	0,20	37,90
			total	65,72

Massa Atômica = 1,0079

Valência do Íon = 1

$$[H_{solo}] = \frac{\text{massa atômica}}{\text{valência do íon}} \times \frac{mmol_c}{dm^3} = \frac{mg}{dm^3} \qquad \text{[eq. 74]}$$

$$[H_{solo}] = \frac{mg}{dm^3} \times \frac{kg}{1E6\ mg} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{kg}{\text{ha na h do perfil}} \qquad \text{[eq. 75]}$$

1.4.8.8 ENXOFRE - S

TABELA 51. Conversão dos valores de Enxofre do solo.

Resultado analítico e conversão do Enxofre solúvel do solo.				
Idade do fragmento	Perfil (m)	Valor (mg/dm^3)	Altura do segmento do perfil (h m)	[S_{solo}] (kg/ha na h do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	6	0,05	3,00
	0,05 - 0,10	6	0,05	3,00
	0,10 - 0,20	6	0,10	6,00
	0,20 - 0,40	4	0,20	8,00
			total	20,00
07 anos	0,00 - 0,05	6	0,05	3,00
	0,05 - 0,10	4	0,05	2,00
	0,10 - 0,20	3	0,10	3,00
	0,20 - 0,40	2	0,20	4,00
			total	12,00
25 anos	0,00 - 0,05	3	0,05	1,50
	0,05 - 0,10	3	0,05	1,50
	0,10 - 0,20	2	0,10	2,00
	0,20 - 0,40	3	0,20	6,00
			total	11,00
75 anos	0,00 - 0,05	9	0,05	4,50
	0,05 - 0,10	5	0,05	2,50
	0,10 - 0,20	7	0,10	7,00
	0,20 - 0,40	4	0,20	8,00
			total	22,00
200 anos	0,00 - 0,05	14	0,05	7,00
	0,05 - 0,10	10	0,05	5,00
	0,10 - 0,20	6	0,10	6,00
	0,20 - 0,40	4	0,20	8,00
			total	26,00

$$[S_{solo}] = \frac{mg}{dm^3} \times \frac{kg}{1E6\ mg} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{kg}{ha\ na\ h\ do\ perfil} \qquad \text{[eq. 76]}$$

1.4.8.9 BORO - B

TABELA 52. Conversão dos valores de Boro do solo.

Resultado analítico e conversão do Boro solúvel solo.				
Idade dos fragmento	Perfil (m)	Valor (mg/dm^3)	Altura do segmento do perfil (h m)	[B_{solo}] (kg/ha na h do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	0,06	0,05	0,03
	0,05 - 0,10	0,25	0,05	0,13
	0,10 - 0,20	0,28	0,10	0,28
	0,20 - 0,40	0,22	0,20	0,44
			total	0,88
07 anos	0,00 - 0,05	0,81	0,05	0,41
	0,05 - 0,10	0,49	0,05	0,25
	0,10 - 0,20	0,60	0,10	0,60
	0,20 - 0,40	0,13	0,20	0,26
			total	1,51
25 anos	0,00 - 0,05	1,15	0,05	0,58
	0,05 - 0,10	0,72	0,05	0,36
	0,10 - 0,20	0,50	0,10	0,50
	0,20 - 0,40	0,31	0,20	0,62
			total	2,06
75 anos	0,00 - 0,05	1,65	0,05	0,83
	0,05 - 0,10	0,69	0,05	0,35
	0,10 - 0,20	0,61	0,10	0,61
	0,20 - 0,40	0,39	0,20	0,78
			total	2,56
200 anos	0,00 - 0,05	3,50	0,05	1,75
	0,05 - 0,10	1,55	0,05	0,78
	0,10 - 0,20	0,54	0,10	0,54
	0,20 - 0,40	0,51	0,20	1,02
			total	4,09

$$[B_{solo}] = \frac{mg}{dm^3} \times \frac{kg}{1E6\ mg} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{kg}{ha\ na\ h\ do\ perfil} \qquad \text{[eq. 77]}$$

1.4.8.10 COBRE - Cu

TABELA 53. Conversão dos valores de Cobre do solo.

Resultado analítico e conversão do Cobre solúvel solo.				
Idade do fragmento	Perfil (m)	Valor (mg/dm^3)	Altura do segmento do perfil (h m)	[Cu_{solo}] (kg/ha na h do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	2	0,05	1,00
	0,05 - 0,10	1,9	0,05	0,95
	0,10 - 0,20	1,9	0,10	1,90
	0,20 - 0,40	1,8	0,20	3,60
			total	7,45
07 anos	0,00 - 0,05	0,4	0,05	0,20
	0,05 - 0,10	0,4	0,05	0,20
	0,10 - 0,20	0,4	0,10	0,40
	0,20 - 0,40	0,2	0,20	0,40
			total	1,20
25 anos	0,00 - 0,05	1,1	0,05	0,55
	0,05 - 0,10	1,4	0,05	0,70
	0,10 - 0,20	1,8	0,10	1,80
	0,20 - 0,40	1,8	0,20	3,60
			total	6,65
75 anos	0,00 - 0,05	0,6	0,05	0,30
	0,05 - 0,10	0,5	0,05	0,25
	0,10 - 0,20	0,7	0,10	0,70
	0,20 - 0,40	0,8	0,20	1,60
			total	2,85
200 anos	0,00 - 0,05	0,8	0,05	0,40
	0,05 - 0,10	1,2	0,05	0,60
	0,10 - 0,20	1,3	0,10	1,30
	0,20 - 0,40	1,5	0,20	3,00
			total	5,30

$$[Cu_{solo}] = \frac{mg}{dm^3} \times \frac{kg}{1E6\ mg} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{kg}{ha\ na\ h\ do\ perfil} \qquad \text{[eq. 78]}$$

1.4.8.11 FERRO - Fe

TABELA 54. Conversão dos valores de Ferro do solo.

Resultado analítico e conversão do Ferro do solúvel solo.				
Idade do fragmento	Perfil (m)	Valor (mg/dm^3)	Altura do segmento do perfil (h m)	[Fe_{solo}] (kg/ha na h do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	29	0,05	14,50
	0,05 - 0,10	26	0,05	13,00
	0,10 - 0,20	27	0,10	27,00
	0,20 - 0,40	28	0,20	56,00
			total	110,50
07 anos	0,00 - 0,05	33	0,05	16,50
	0,05 - 0,10	51	0,05	25,50
	0,10 - 0,20	42	0,10	42,00
	0,20 - 0,40	25	0,20	50,00
			total	134,00
25 anos	0,00 - 0,05	44	0,05	22,00
	0,05 - 0,10	54	0,05	27,00
	0,10 - 0,20	56	0,10	56,00
	0,20 - 0,40	37	0,20	74,00
			total	179,00
75 anos	0,00 - 0,05	23	0,05	11,50
	0,05 - 0,10	39	0,05	19,50
	0,10 - 0,20	50	0,10	50,00
	0,20 - 0,40	34	0,20	68,00
			total	149,00
200 anos	0,00 - 0,05	14	0,05	7,00
	0,05 - 0,10	22	0,05	11,00
	0,10 - 0,20	20	0,10	20,00
	0,20 - 0,40	16	0,20	32,00
			total	70,00

$$[Fe_{solo}] = \frac{mg}{dm^3} \times \frac{kg}{1E6\ mg} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{kg}{ha\ na\ h\ do\ perfil} \qquad \text{[eq. 79]}$$

1.4.8.12 MANGANÊS - Mn

TABELA 55. Conversão dos valores de Manganês do solo.

Resultado analítico e conversão do Manganês solúvel do solo.				
Idade do fragmento	Perfil (m)	Valor (mg/dm^3)	Altura do segmento do perfil (h m)	[Mn_{solo}] (kg/ha na h do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	108	0,05	54,00
	0,05 - 0,10	98	0,05	49,00
	0,10 - 0,20	86	0,10	86,00
	0,20 - 0,40	94	0,20	188,00
			total	377,00
07 anos	0,00 - 0,05	87	0,05	43,50
	0,05 - 0,10	42	0,05	21,00
	0,10 - 0,20	32	0,10	32,00
	0,20 - 0,40	22	0,20	44,00
			total	140,50
25 anos	0,00 - 0,05	158	0,05	79,00
	0,05 - 0,10	170	0,05	85,00
	0,10 - 0,20	152	0,10	152,00
	0,20 - 0,40	85	0,20	170,00
			total	486,00
75 anos	0,00 - 0,05	72	0,05	36,00
	0,05 - 0,10	86	0,05	43,00
	0,10 - 0,20	137	0,10	137,00
	0,20 - 0,40	91	0,20	182,00
			total	398,00
200 anos	0,00 - 0,05	114	0,05	57,00
	0,05 - 0,10	115	0,05	57,50
	0,10 - 0,20	67	0,10	67,00
	0,20 - 0,40	62	0,20	124,00
			total	305,50

$$[Mn_{solo}] = \frac{mg}{dm^3} \times \frac{kg}{1E6\ mg} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{kg}{ha\ na\ h\ do\ perfil} \qquad \text{[eq. 80]}$$

1.4.8.13 ZINCO - Zn

TABELA 56. Conversão dos valores de Zinco do solo.

Resultado analítico e conversão do Zinco solúvel do solo.				
Idade do fragmento	Perfil (m)	Valor (mg/dm^3)	Altura do segmento do perfil (h m)	$[Zn_{solo}]$ (kg/ha na h do perfil)
0 ano	0,00 - 0,05	0,6	0,05	0,30
	0,05 - 0,10	0,4	0,05	0,20
	0,10 - 0,20	0,4	0,10	0,40
	0,20 - 0,40	0,4	0,20	0,80
			total	1,70
07 anos	0,00 - 0,05	1,7	0,05	0,85
	0,05 - 0,10	0,6	0,05	0,30
	0,10 - 0,20	0,4	0,10	0,40
	0,20 - 0,40	0,3	0,20	0,60
			total	2,15
25 anos	0,00 - 0,05	5,6	0,05	2,80
	0,05 - 0,10	4,7	0,05	2,35
	0,10 - 0,20	4,1	0,10	4,10
	0,20 - 0,40	2,2	0,20	4,40
			total	13,65
75 anos	0,00 - 0,05	3,2	0,05	1,60
	0,05 - 0,10	2,4	0,05	1,20
	0,10 - 0,20	2	0,10	2,00
	0,20 - 0,40	0,6	0,20	1,20
			total	6,00
200 anos	0,00 - 0,05	5,6	0,05	2,80
	0,05 - 0,10	5,1	0,05	2,55
	0,10 - 0,20	3,3	0,10	3,30
	0,20 - 0,40	1,1	0,20	2,20
			total	10,85

$$[Zn_{solo}] = \frac{mg}{dm^3} \times \frac{kg}{1E6\ mg} \times \frac{1E3\ dm^3}{m^3} \times h\ m \times \frac{1E4\ m^2}{ha} = \frac{kg}{ha\ na\ h\ do\ perfil} \qquad \text{[eq. 81]}$$

1.4.9 ESTRUTURA DO SOLO

TABELA 57. Valores de densidade e porosidade do solo.

Resultado analítico e conversão da densidade e porosidade do solo.						
Idade da área (anos)	Perfil (m)	Densidade do solo[a] (g/cm^3)	Densidade da partícula[b] (g/cm^3)	Porosidade total[1] (%)	Solo (g/m^3)	Solo[2] (kg/m^3)
0	0,00 - 0,05	1,5	2,84	47	1.500.000	1.500
	0,05 - 0,10	1,72	2,82	39	1.720.000	1.720
	0,10 - 0,20	1,61	2,68	40	1.610.000	1.610
	0,20 - 0,40	1,61	2,68	40	1.610.000	1.610
	média	**1,61**	**2,76**	**42**	**1.610.000**	**1.610**
7	0,00 - 0,05	0,98	2,54	61	984.200	984
	0,05 - 0,10	1,36	2,70	50	1.362.600	1.363
	0,10 - 0,20	1,52	2,66	43	1.517.800	1.518
	0,20 - 0,40	1,52	2,66	43	1.517.800	1.518
	média	**1,35**	**2,64**	**49**	**1.345.600**	**1.346**
25	0,00 - 0,05	0,98	2,58	62	979.000	979
	0,05 - 0,10	1,34	2,77	51	1.343.600	1.344
	0,10 - 0,20	1,18	2,77	57	1.184.000	1.184
	0,20 - 0,40	1,18	2,77	57	1.184.000	1.184
	média	**1,17**	**2,72**	**57**	**1.172.650**	**1.173**
75	0,00 - 0,05	0,35	2,84	88	352.200	352
	0,05 - 0,10	1,19	2,84	58	1.191.800	1.192
	0,10 - 0,20	1,14	2,90	61	1.139.600	1.140
	0,20 - 0,40	1,14	2,90	61	1.139.600	1.140
	média	**0,96**	**2,87**	**67**	**955.800**	**956**
200	0,00 - 0,05	0,13	2,55	95	129.000	129
	0,05 - 0,10	0,53	2,55	79	526.800	527
	0,10 - 0,20	0,82	2,88	72	818.600	819
	0,20 - 0,40	0,82	2,88	72	818.600	819
	média	**0,57**	**2,72**	**79**	**573.250**	**573**

- Valores da densidade da partícula do perfil 0,00 m - 0,03 m, do fragmento com 75 e 200 anos assume o valor do perfil 0,10 - 0,13, pois a densidade do solo está abaixo de 0,5, inviabilizando a análise pelo “método do picnômetro”.

[1] Porosidade total $= \left(1-\left(\frac{a}{b}\right)\right) \times 100 = \%$ [eq. 82]

[2] Densidade do solo $= \left(\frac{g}{cm^3} \times \frac{1E6\ cm^3}{m^3} \times \frac{1\ kg}{1E3\ g}\right) = \frac{kg}{m^3}$ [eq. 83]

1.4.10 RIQUEZA VEGETAL

A riqueza vegetal também é considerada como um estoque dos sistemas, embora seu valor não seja considerado nas Tabelas de Avaliação Emergética, este estoque foi avaliado separadamente.

TABELA 58. Estimativa da riqueza vegetal.

Resultado do levantamento da riqueza vegetal.					
Idade da área (anos)	0	7	25	75	200
Riqueza vegetal/área	1	55	62	99	129

1.4.11 ABA DOS ESTOQUES E FLUXOS INTERNOS

Os dados calculados/estimados até o item 1.4.9 são inseridos na aba "ESTOQUES E FLUXOS INTERNOS" do software automaticamente. Nesta aba é realizada a Avaliação Emergética dos estoques e dos fluxos internos dos sistemas de estudo em dez tabelas, estas tabelas foram apresentadas acima, no item resultados e discussão deste estudo.

1.5. FLUXOS DE SAÍDA DOS SISTEMAS

1.5.1 Estimativa dos fluxos hidrológicos para Mata Atlântica

A estimativa dos fluxos hidrológicos para o sistema de 200 anos foi feita a partir dos dados de Fujieda et al. (1997).

TABELA 59. Estimativa dos Fluxos de água para Mata Atlântica (estágio avançado de sucessão).

Estimativa dos fluxos hidrológicos para Mata Atlântica.					
Referência	Precipitação	Escoamento Superficial[1]	Escoamento sub-superficial[2]	Percolação[3]	Evapotranspiração[4]
(%) Fujieda et al. (1997)	100	5	6	59	30
Estimativa (m^3/ha.ano)	14.200	710	852	8.378	4.260

[1] Conversão $= \frac{5x14200}{100} = 710 \frac{m^3}{ha}.ano$ [eq. 84]

[2] Conversão $= \frac{6x14200}{100} = 852 \frac{m^3}{ha}.ano$ [eq. 85]

[3] Conversão $= \frac{59x14200}{100} = 8378 \frac{m^3}{ha}.ano$ [eq. 86]

[4] Conversão $= \frac{30x14200}{100} = 4260 \frac{m^3}{ha}.ano$ [eq. 87]

1.5.2 ESTIMATIVA E CONVERSÃO DOS FLUXOS HIDROLÓGICOS PARA OS SISTEMAS DE ESTUDO

TABELA 60. Estimativa dos fluxos hidrológicos para os sistemas de estudo

Estimativa do volume dos fluxos hidrológicos para as áreas de estudo.							
Idade da área (anos)	Porosidade (%)	Biomassa (t/ha)	Pluviosidade* (m^3/ha.ano)	Escoamento Superficial[4] (m^3/ha.ano)	Escoamento Sub-Superficial[3] (m^3/ha.ano)	Percolação[1] (m^3/ha.ano)	Evapotranspiração[2] (m^3/ha.ano)
0[a]	41,5	33,5	14.200,0	10.924,1	1.628,8	1.640,9	6,1
07[b]	49,2	146,2	14.200,0	9.471,1	1.375,2	3.137,1	216,6
25[c]	57,0	519,6	14.200,0	6.184,5	1.185,9	5.063,6	1.766,0
75[d]	66,8	1.133,5	14.200,0	2.088,1	1.012,8	7.048,0	4.051,2
200[e]	79,4	1.192,0	14.200,0	710,0	852,0	8.378,0	4.260,0

*Pluviosidade média

e1, e2, e3 e e4 = Calculado na TABELA 59

$$^{d1}\text{Estimativa} = \frac{67\times8378}{79,4} = 7048\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 88]}$$

$$^{c1}\text{Estimativa} = \frac{57\times7048}{79,4} = 5063\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 89]}$$

$$^{b1}\text{Estimativa} = \frac{49\times5063}{79,4} = 3137\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 90]}$$

$$^{a1}\text{Estimativa} = \frac{42\times3137}{79,4} = 1641\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 91]}$$

$$^{d2}\text{Estimativa} = \frac{1134\times4260}{1192} = 4051\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 92]}$$

$$^{c2}\text{Estimativa} = \frac{520\times4051}{1192} = 1766\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 93]}$$

$$^{b2}\text{Estimativa} = \frac{146\times1766}{1192} = 217\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 94]}$$

$$^{a2}\text{Estimativa} = \frac{33,5\times217}{1192} = 6\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 95]}$$

$$^{d3}\text{Estimativa} = \frac{852\times79}{67} = 1013\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 96]}$$

$$^{c3}\text{Estimativa} = \frac{852\times79}{57} = 1186\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 97]}$$

$$^{b3}\text{Estimativa} = \frac{852\times79}{49} = 1375\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 98]}$$

$$^{a3}\text{Estimativa} = \frac{852\times79}{42} = 1629\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 99]}$$

$$^{d4}\text{Estimativa} = 14200-(1013+7048+4051) = 2088\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 100]}$$

$$^{c4}\text{Estimativa} = 14200-(1186+5063+1766) = 6184\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 101]}$$

$$^{b4}\text{Estimativa} = 14200-(1375+3137+217) = 9471\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 102]}$$

$$^{a4}\text{Estimativa} = 14200-(1628+1641+6) = 10924\,\frac{m^3}{ha}.\text{ano} \qquad \text{[eq. 103]}$$

A partir dos dados da Tabela 60 fio realizada a conversão dos fluxos na Tabela 61. O valor do estoque de água calculado anteriormente permitiu o cálculo da percolação efetiva nos sistemas, pois considerou-se que parte da água que seria percolada é absorvida pela biomassa vegetal, formando o estoque de água na biomassa. O efetivo de percolação foi calculado pela diferença entre a percolação e o estoque de água na biomassa.

TABELA 61. Conversão dos fluxos hidrológicos para os sistemas de estudo

Conversão das fluxos hidrológicos e cálculo do efetivo de percolação.							
Idade da área (anos)	Pluviosidade (kg/ha.ano)	Escoamento Superficial (kg/ha.ano)	Escoamento Sub-Superficial (kg/ha.ano)	Percolação (kg/ha.ano)	Água estocada na biomassa (kg/ha.ano)	Efetivo de Percolação (kg/ha.ano)	Evapotranspiração (kg/ha.ano)
0	14.200.000	10.924.124	1.628.844	1.640.938	10.729,6	1.630.208	6.095
7	14.200.000	9.471.062	1.375.205	3.137.125	10.729,6	3.126.396	216.607
25	14.200.000	6.184.540	1.185.885	5.063.605	13.829,2	5.049.775	1.765.971
75	14.200.000	2.088.093	1.012.785	7.047.950	8.185,7	7.039.764	4.051.173
200	14.200.000	710.000	852.000	8.378.000	311,6	8.377.688	4.260.000

$$\text{Conversão} = \frac{m^3}{ha.ano} \times \frac{1000\ kg}{m^3} = \frac{kg}{ha.ano} \qquad \text{[eq. 104]}$$

Para aferir se a quantidade de água estocada na biomassa afeta os fluxos hidrológicos, foi calculada a porcentagem dos fluxos (Tabela 62). Diante destes valores, pode-se observar a importância das florestas para a redução do fluxo “escoamento superficial”, prejudicial aos ecossistemas vizinhos e ao próprio sistema; em contrapartida, a um aumento dos fluxos que permitem a manutenção da qualidade e da quantidade do ciclo hidrológico (percolação e evapotranspiração). A conversão dos fluxos hidrológicos está na Tabela 63.

TABELA 62. Porcentagem dos fluxos hidrológicos.

Cálculo das porcentagens dos fluxos hidrológicos e da água estocada na biomassa.							
Idade da área (anos)	Pluviosidade* (%)	Escoamento Superficial (%)	Escoamento Sub-superficial (%)	Percolação (%)	Evapotranspiração (%)	Saída efetiva de chuva do sistema (%)	Água estocada na biomassa (%)
0[a]	100	76,9	11,5	11,5	0,04	99,92	0,07556
07[b]	100	66,7	9,7	22,0	1,53	99,92	0,07556
25[c]	100	43,6	8,4	35,6	12,44	99,90	0,09739
75[d]	100	14,7	7,1	49,6	28,53	99,94	0,05765
200[e]	100	5,0	6,0	59,0	30,00	100,00	0,00219

A porcentagem foi calculada por “regra de três”.

TABELA 63. Conversão dos fluxos hidrológicos.

Conversão dos fluxos hidrológicos de saída.				
Idade da área (anos)	Escoamento Superficial (J/ha.ano)	Escoamento Sub-Superficial (J/ha.ano)	Percolação (J/ha.ano)	Evapotranspiração (J/ha.ano)
0	5,4E+10	8,0E+09	8,1E+09	3,0E+07
7	4,7E+10	6,8E+09	1,5E+10	1,1E+09
25	3,1E+10	5,9E+09	2,5E+10	8,7E+09
75	1,0E+10	5,0E+09	3,5E+10	2,0E+10
200	3,5E+09	4,2E+09	4,1E+10	2,1E+10

$$\text{Conversão} = \frac{\text{kg}}{\text{ha.ano}} \times \frac{4940\ \text{J}}{\text{kg}} = \frac{\text{J}}{\text{ha.ano}} \qquad \text{[eq. 105]}$$

1.5.3 ESTIMATIVA DO AR RESFRIADO

Esta estimativa foi feita por uma consideração da diferença entre as temperaturas dentro e fora dos sistemas de estudo (número em vermelho). A medição destas temperaturas podem tornar mais precisa esta análise. A Tabela 64 foi elaborada para calcular a diferença entre as temperaturas e a Tabela 65 para estimar o volume de ar resfriado. A Figura 7 foi elaborada para estimar a altura dos sistemas de estudo.

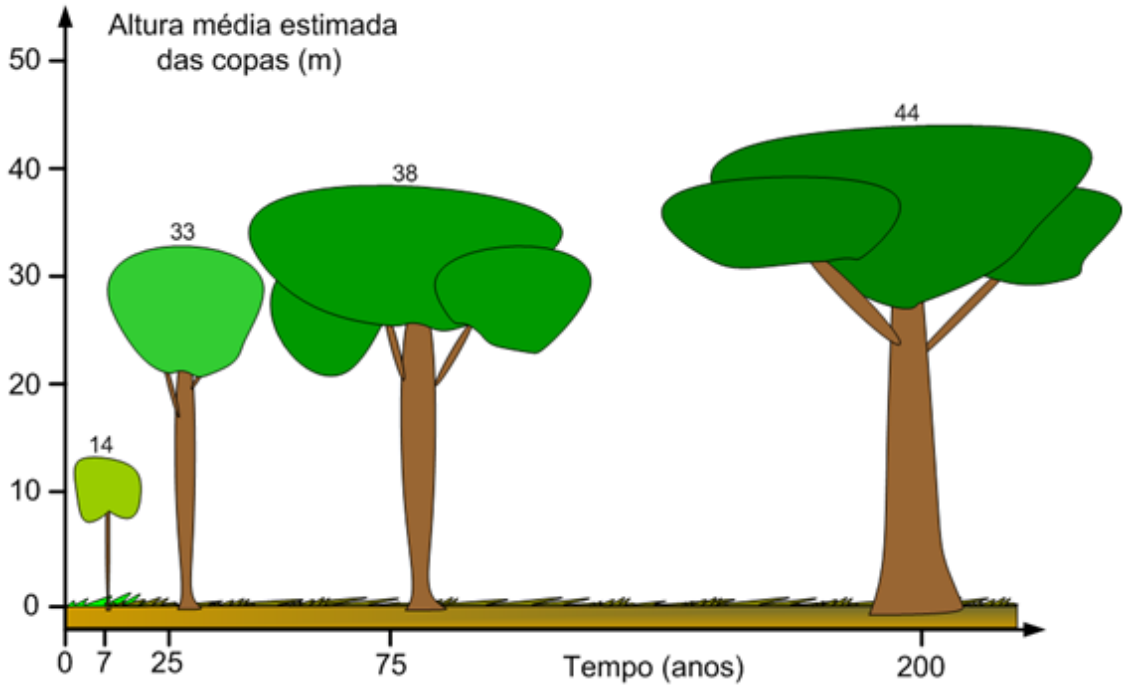

FIGURA 7. Estimativa da altura dos sistemas de estudo

TABELA 64. Estimativa da diferença de temperatura.

Estimativa da diferença de temperatura dentro e fora dos fragmentos.				
Idade do fragmento	Média da temperatura na distância > 10 m do fragmento (°C)	Média da temperatura no interior do fragmento (°C)	Média da temperatura na borda (< 10 m) do fragmento (°C)	$\Delta t = \Delta t_0 - \Delta t_f$
0	38	38	38,0	0,0
7	38	35	36,5	3,0
25	38	32	35,0	6,0
75	38	29	33,5	9,0
200	38	26	32,0	12,0

TABELA 65. Estimativa do volume de ar resfriado.

Estimativa do volume de ar resfriado.							
Idade do fragmento	Área do fragmento (m^2)	10 m de borda (m^2)	Área total (m^2)	x	Altura do fragmento (m)	Altura acima do fragmento (m)	Altura total (m)	Volume de ar resfriado no fragmento (m^3)
0	10.000	4.400	14.400		0	0	0	0
7	10.000	4.400	14.400		14	10	24	140.000
25	10.000	4.400	14.400		33	10	43	330.000
75	10.000	4.400	14.400		38	10	48	380.000
200	10.000	4.400	14.400		44	10	54	440.000

A energia envolvida no processo de resfriamento de ar foi calculada de duas formas; Os valores (PERRY, 1963) da Tabela 65 foram utilizados para elaborar a Tabela 66 e 67, desenvolvida para estimar a energia envolvida no processo de resfriamento de ar.

TABELA 65 – Valores de referência (PERRY, 1963).

Cp = calor específico =	25 cal/kg	Perry, 1963
λ = calor latente =	550000 cal/kg	
densidade do ar =	0,001 kg/m^3	

TABELA 66. Estimativa da energia envolvida no processo de resfriamento de ar.

Cálculo e conversão do volume de ar resfriado.					
Energia =	Massa de ar (kg/ha.ano)	Cp (cal/kg)	Δt dentro do fragmento	Energia (cal/ha.ano)[a]	Energia envolvida no processo de resfriamento de ar (J/ha.ano)[b]
0	0	25	0,0	0	0
7	140	25	3,0	10.500	43.961
25	330	25	6,0	49.500	207.247
75	380	25	9,0	85.500	357.971
200	440	25	12,0	132.000	552.658

[a] Energia = massa de ar x Cp x Δt = cal/ha.ano [eq. 106]

[b] $\text{Energia} = \frac{\text{cal}}{\text{ha.ano}} \times \frac{4{,}1868\ \text{J}}{\text{cal}} = \frac{\text{J}}{\text{ha.ano}}$ [eq. 107]

TABELA 67. Estimativa da energia envolvida no processo de resfriamento de ar.

Cálculo do volume de ar resfriado			
Q = massa x λ	Massa de vapor[a]	Energia (cal/ha.ano)[b]	Energia (J/ha.ano)[c]
Idade da área (anos)			
0	6.095	3.352.281.952	14.035.334.078
7	216.607	119.133.943.744	498.789.995.668
25	1.765.971	971.283.886.771	4.066.571.377.134
75	4.051.173	2.228.144.938.966	9.328.797.230.461
200	4.260.000	2.343.000.000.000	9.809.672.400.000

[a] Valor da evapotranspiração;

[b] Q = λ x massa de vapor[a] [eq. 108]

[c] $\text{Conversão}\ \frac{\text{cal}}{\text{ha.ano}} \times \frac{4{,}1868\ \text{J}}{\text{cal}} = \frac{\text{J}}{\text{ha.ano}}$ [eq. 109]

Os valores da Tabela 66 foram utilizados na tabelas de avaliação emergética por serem mais plausíveis. Já na Tabela 67, a energia foi calculada de outra maneira e como seus resultados foram muito maiores, preferiu-se não utilizá-los, para posterior aprimoramento do cálculo, já que a avaliação do resfriamento do ar é uma inovação metodológica.

1.5.4 ESTIMATIVA DA EROSÃO DO SOLO

A erosão do solo dos sistemas de estudo foi estimada (Tabela 68) a partir dos dados de volume da serapilheira, medido neste estudo, e da erosão do solo em florestas maduras segundo Fearnside et al. (1986).

TABELA 68. Estimativa da erosão de solo.

Estimativa da erosão para as áreas de estudo.				
Idade dos fragmentos	Volume de serapilheira* (m^3/ha)	Perda de solo[1] (kg/ha/ano)	Matéria orgânica[2] (%)	Perda de solo[3] (J/ha/ano)
ano 0	27	77070	0,876	1,5E+12
07 anos	273	2211	1,489	7,4E+10
25 anos	373	634	2,010	2,9E+10
75 anos	608	249	7,343	4,1E+10
200 anos	950	159	22,298	8,0E+10

*Volume (m^3) da camada de serapilheira medido em campo;

[1]200 anos = 159 kg/ha/ano valor considerado (extraído de Fearnside et al.,1986);

[1]Estimativa para 75 anos = (159*950)/608 = 249 kg/ha/ano [eq. 110]

[1]Estimativa para 25 anos = (249*950)/373 = 634 kg/ha/ano [eq. 111]

[1]Estimativa para 07 anos = (634*950)/273 = 2211 kg/ha/ano [eq. 112]

[1]Estimativa para 0 ano = (2211*950)/27 = 77070 kg/ha/ano [eq. 113]

[2] % de MO calculado nos estoques;

$$^{3}\text{Conversão} = \frac{\text{kg}}{\text{ha.ano}} \times \left(\frac{\%\,\text{de MO}}{100}\right) \times \frac{5400\text{Kcal}}{\text{kg}} \times \frac{4186\text{J}}{\text{Kcal}} = \frac{\text{J}}{\text{ha.ano}} \qquad \text{[eq. 114]}$$

A fim de proporcionar a possibilidade de um cálculo mais preciso da erosão do solo, o software contêm o cálculo programado da Equação de RUSLE (Tabela 69) proposta por Wischmeier & Smith (1978) e revisada por Renard et al. (1994). O usuário do software, se utilizar esta equação, precisa

lembrar-se de fazer o link com a aba de “Perdas e Produtos dos sistemas”, células em cinza.

TABELA 69. Cálculo da erosão de solo pela equação de Rusle.

Cálculo da erosão do solo pela Equação de RUSLE.										
Equação de RUSLE	fatores	Chuva	Erodibilidade	Comprimento do declive	Grau do declive	Uso e manejo	Práticas conservacionistas	Erosão	Erosão	Erosão
A=R.K.L.S.C.P	=	R	K	L	S	C	P	A	A	A
Unidade de medida		MJ.mm/ha.h.ano	t.ha/MJ.mm	adimensional	adimensional	adimensional	adimensional	(t/ha.ano)	(kg/ha.ano)	(J/ha.ano)
Idade da área de estudo		0	0	0	0	0	0	0	0	0,0E+00
0 ano		0	0	0	0	0	0	0	0	0,0E+00
7 anos		0	0	0	0	0	0	0	0	0,0E+00
25 anos		0	0	0	0	0	0	0	0	0,0E+00
75 anos		0	0	0	0	0	0	0	0	0,0E+00
200 anos		0	0	0	0	0	0	0	0	0,0E+00
Obs.: Ao utilizar esta Tabela, não esquecer de fazer o link das céluas cinza com a aba Perdas e Produtos do sistema - Erosão.										

1.5.5 ABA DAS PERDAS E PRODUTOS DOS SISTEMAS

Os dados calculados/estimados até o item 1.5.4 são inseridos na aba “PERDAS E PRODUTOS DOS SISTEMAS” do software automaticamente. Nesta aba é realizada a Avaliação Emergética dos fluxos de saída dos sistemas de estudo em cinco tabelas, estas tabelas foram apresentadas acima, no item resultados e discussão deste estudo.

1.6 TRANSFORMIDADES (Tr) CALCULADAS PARA ESTE ESTUDO

A transformidade é um fator de conversão que indica a qualidade de energia e sua posição na hierarquia da energia universal (Odum,1996). Quanto maior o valor da transformidade, maior será energia investida por unidade de energia e, portanto, maior será a qualidade dessa energia (Odum, 1996). Para reconhecer a qualidade e a funcionalidade de cada tipo de energia refletiu-se, no presente estudo, sobre a dinâmica do trabalho prévio dos ecossistemas estudados na geração dos diversos recursos listados acima. Assim, entende-se que quanto maior é o trabalho da natureza na produção de recursos, maior será a qualidade deste recurso. A Equação 115 (Odum, 1996) foi empregada para calcular estes fatores de conversão, onde a emergia, ou a soma das emergias, do principal (is) processo (s) é dividida pela energia ou massa do produto gerado.

$$Tr = \frac{\text{Emergia do processo (seJ)}}{\text{Energia ou massa do produto (J ou kg)}} = \frac{\text{seJ}}{\text{J ou kg}} \qquad \text{[eq. 115]}$$

1.6.1 TRANSFORMIDADE DA PRECIPITAÇÃO GLOBAL EM TERRA FIRME

Neste trabalho, ao empregar as transformidades da precipitação global em terra, identificou-se que a emergia em “g” conseqüente desta conversão era diferente da emergia em “J”; resultado inesperado, visto que a emergia deveria ser igual para as duas unidades, uma vez que o fluxo é o mesmo, mesmo que em unidades diferentes.

Desta maneira, optou-se por fazer uma revisão do cálculo da Emergia dos Produtos da Energia do Sistema Global apresentado no Folio #1 – TABELA 2, Introdução e Orçamento Global, por Odum, Brown e Williams (2000). A Tabela 70 mostra os valores calculados por Odum et al. (2000).

TABELA 70. Emergia dos Produtos da Energia do Sistema Global

Emergia dos produtos do sistema global (Odum et al. 2000)				
Item	Produtos e Unidades	Empower E24	Produção	seJ/uni.
1	Calor latente global (J)	1,58E+25	1,26E+24	1,26E+01
2	Circulação de vento global (J)	1,58E+25	6,45E+21	2,45E+03
3	**Precipitação global em terra (g)**	**1,58E+25**	**1,09E+20**	**1,45E+05**
4	**Precipitação global em terra (J)**	**1,58E+25**	**5,19E+20**	**3,05E+04**
5	Média da vazão do rio (g)	1,58E+25	3,96E+19	4,00E+05
6	Média da geopotencia do rio (J)	1,58E+25	3,40E+20	4,66E+04
7	Média da energia química do rio (J)	1,58E+25	1,96E+20	8,08E+04
8	Média das ondas da praia (J)	1,58E+25	3,10E+20	5,11E+04
9	Média das correntes oceânicas (J)	1,58E+25	8,60E+17	1,84E+07

Ao rever o memorial de cálculo desta tabela, observou-se uma troca no expoente da Nota 3 e 4, Tr da Precipitação Global em Terra Firme calculada em gramas (g), onde o valor de referência da conversão do “volume” (Ryabchikov, 1975) era **1,09E11 m^3/ano**, mas o valor empregado na conversão foi de **1,09E14 m^3/ano**, e houve uma troca de expoente na unidade de medida de **kg** por **g**.

A Equação 116 e 117 corresponde a utilizada no cálculo da Nota 3 e 4, respectivamente, segundo Odum et al. (2000), como ilustra a Figura 8 e 9, respectivamente:

3 1.09 E11 m^3/yr (Ryabchikov, 1975)
(1.09 E14 m^3)(1 E6 kg/m^3) = 1.09 E20 g/yr

FIGURA 8. Recorte da nota 3 (Odum et al., 2000)

4 Chemical potential energy of rain water relative to sea water salinity
(1.05 E20 g/yr)(4.94 J Gibbs free energy/g) = 5.19 E20 J/yr

FIGURA 9. Recorte da nota 4 (Odum et al., 2000)

$$\text{Equação da nota 3} = \frac{1{,}09\text{E14 m}^3}{\text{ano}} \times \frac{1\text{E6 kg}}{\text{m}^3} = \frac{1{,}09\text{E20 g}}{\text{ano}} \qquad \text{[eq. 116]}$$

$$\text{Equação da nota 4} = \frac{1{,}05\text{E20 g}}{\text{ano}} \times \frac{4{,}94\text{ J}}{\text{g}} = \frac{5{,}19\text{E20 J}}{\text{ano}} \qquad \text{[eq. 117]}$$

As Equações 118 e 119 correspondem às revisões das conversões das Equações 116 e 117.

$$\text{Revisão nota 3} = \frac{1{,}09\text{E11 m}^3}{\text{ano}} \times \frac{1\text{E6 g}}{\text{m}^3} = \frac{1{,}09\text{E17 g}}{\text{ano}} \qquad \text{[eq. 118]}$$

$$\text{Revisão nota 4} = \frac{1{,}09\text{E17 g}}{\text{ano}} \times \frac{4{,}94\text{ J}}{\text{g}} = \frac{5{,}38\text{E17 J}}{\text{ano}} \qquad \text{[eq. 119]}$$

Com os valores dos fluxos revisados, aplicou-se as Equações 120 e 121 para calcular a Tr deste fluxos:

$$\text{Revisão Tr (g)} = \left(\frac{15{,}83\text{E24 seJ}}{\text{ano}} \times \frac{\text{ano}}{1{,}09\text{E17 g}}\right) = \frac{1{,}45\text{E08 seJ}}{\text{g}} \qquad \text{[eq. 120]}$$

$$\text{Revisão Tr (J)} = \left(\frac{15{,}83\text{E24 seJ}}{\text{ano}} \times \frac{\text{ano}}{5{,}38\text{E17 g}}\right) = \frac{2{,}94\text{E7 seJ}}{\text{J}} \qquad \text{[eq. 121]}$$

Estes valores revisados das Tr são maiores que do cálculo original realizado por Odum et al. (2000), o que implicou em checar os dados do trabalho de Ryabchikov (1975), mas não foi encontrado o trabalho correspondente na literatura online disponível.

No entanto, como os dados de Ryabchikov são de 1975, optou-se em considerar o valor de precipitação mássica em terra ou continente de 1,05E5 km^3/ano, publicados mais recentemente por Suomi (1992 apud. Buenfil, 2001). Watanabe (2009) calculou as Tr em seJ/g com os dados de Suomi (1992 apud. Buenfil, 2001), mas no presente trabalho buscou-se calcular a Tr da Precipitação em Continente nas Unidades do Sistema Internacional (kg e J), contribuindo com os esforços na padronização dos valores utilizados na Avaliação Emergética.

As Equações 122 e 123 correspondem às novas conversões:

$$\text{Conversão} = \left(\frac{1{,}05\text{E5 km}^3}{\text{ano}} \times \frac{1\text{E12 l}}{\text{km}^3} \times \frac{\text{kg}}{\text{l}}\right) = \frac{1{,}05\text{E17 kg}}{\text{ano}} \qquad \text{[eq. 122]}$$

$$\text{Conversão} = \left(\frac{1{,}05\text{E17 kg}}{\text{ano}} \times \frac{4{,}940\text{ J}}{\text{kg}}\right) = \frac{5{,}19\text{E20 J}}{\text{ano}} \qquad \text{[eq. 123]}$$

Com os fluxos atualizados, aplicou-se as Equações 124 e 125 para calcular a Tr deste fluxos:

$$\text{Revisão Tr (kg)} = \left(\frac{15{,}83\text{E24 seJ}}{\text{ano}} \times \frac{\text{ano}}{1{,}05\text{E17 kg}}\right) = \frac{1{,}51\text{E08 seJ}}{\text{kg}} \qquad \text{[eq. 124]}$$

$$\text{Revisão Tr (J)} = \left(\frac{15{,}83\text{E24 seJ}}{\text{ano}} \times \frac{\text{ano}}{5{,}19\text{E20 J}}\right) = \frac{3{,}05\text{E04 seJ}}{\text{J}} \qquad \text{[eq. 125]}$$

Após estes cálculos e reflexão, conclui-se que a Tr em J calculada por Odum et al. (2000) com o expoente E14 é a mesma que a Tr calculada na Equação 125; assim, assim concluiu-se que a nota 4 de Odum et al. (2000) esta correta, mas a citação dos dados com o expoente E11 (nota 3) de Ryabchikov (1975) em Odum et al. (2000) pode estar errada.

Quanto o cálculo da Tr em kg, foi encontrado um engano na conversão de Odum et al. (2000), assim, optou-se por aplicar o valor da Tr em kg calculada neste trabalho, como mostra a Equação 124.

1.6.2 TRANSFORMIDADE DA PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA LÍQUIDA, DA SERAPILHEIRA E DO AR FRIO

Diante da equação geral da transformidade (eq. 115) foi calculado a Tr da PPL, da serapilheira e do ar frio. Para proceder este cálculo os fluxos emergéticos de entrada, que são utilizados para fotossíntese, foram agrupados e somados na Tabela 71.

O "potencial de regeneração" foi apenas indicado na Tabela 71, mas sua emergia não foi calculada neste estudo por dificuldades metodológicas, mas evidencia-se aqui a importância da sua quantificação em estudos futuros.

TABELA 71. Agrupamento e somatória dos fluxos emergéticos de entrada para fotossíntese.

Alocação das entradas de Emergia para a fotossíntese						
Nº	Item de entrada para fotossíntese (seJ/ha.ano)	Idade da área (anos)				
		0	7	25	75	200
1	Sol	4,8E+13	4,9E+13	5,6E+13	5,6E+13	6,1E+13
2	Chuva (% da evapotranspiração)	9,2E+11	3,3E+13	2,7E+14	6,1E+14	6,4E+14
	Chuva (% estocada na biomassa)	1,6E+12	1,6E+12	2,1E+12	1,2E+12	4,7E+10
3	Vento	1,7E+14	1,6E+14	1,6E+14	1,7E+14	1,6E+14
7	CO_2 (atmosfera)	3,3E+15	4,8E+15	5,9E+15	4,6E+15	2,2E+15
9	O_2 (da atmosfera para respiração)	1,4E+11	1,5E+11	2,1E+11	2,5E+11	3,9E+10
10	N_2 (atmosfera)	9,5E+13	8,9E+14	1,0E+15	3,1E+15	9,6E+15
11	P (sub-solo)	0,0E+00	1,1E+12	1,1E+12	1,2E+12	1,3E+12
12	K (sub-solo)	0,0E+00	3,0E+11	3,2E+11	3,3E+11	3,7E+11
13	Ca (sub-solo)	0,0E+00	3,4E+09	3,6E+09	3,7E+09	4,2E+09
14	Mg (sub-solo)	0,0E+00	1,2E+09	1,3E+09	1,3E+09	1,5E+09
15	S (sub-solo)	0,0E+00	2,7E+09	2,9E+09	2,9E+09	3,3E+09
16	B (sub-solo)	0,0E+00	6,2E+07	6,5E+07	6,7E+07	7,6E+07
17	Cu (sub-solo)	0,0E+00	1,1E+08	1,1E+08	1,2E+08	1,3E+08
18	Fe (sub-solo)	0,0E+00	5,5E+08	5,7E+08	5,9E+08	6,7E+08
19	Mn (sub-solo)	0,0E+00	2,5E+10	2,6E+10	2,6E+10	3,0E+10
20	Zn (sub-solo)	0,0E+00	2,3E+08	2,4E+08	2,5E+08	2,8E+08
	Potencial de regeneração	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
%	**Σ da Em para fotossíntese**	3,6E+15	5,9E+15	7,4E+15	8,5E+15	1,3E+16
100	Σ da Energia (J) dos produtos	5,5E+11	8,3E+11	9,9E+11	7,3E+11	3,9E+11

A somatória (Σ) da Em utilizada pela fotossíntese foi alocada por energia (J) para os produtos da fotossíntese. Os produtos são a produtividade primária líquida, a serapilheira e o ar frio, Tabela 72, 73 e 74 respectivamente. A equação 115 foi empregada para calcular a Em de cada produto em diferentes unidades de medida, para facilitar o emprego destas novas Tr em estudos futuros.

A “Ref.” Indica a célula da planilha de avaliação emergética em que a Tr foi empregada. A % de energia na coluna da extremidade direita das Tabelas, representa as porcentagens da alocação da Em da fotossíntese para cada um dos três produtos gerados em cada área de estudo.

TABELA 72. Alocação da Em e cálculo da Tr da PPL para cada área de estudo.

Produto da fotossíntese - PPL						
Idade da área (anos)	Produto	Emergia alocada (J)	Massa (kg C/ha.ano)	Massa (kg/ha.ano)	Energia (J/ha.ano)	Energia (%)
0	PPL	3,4E+15	7.242	16.094	5,2E+11	94
	Tr PPL (seJ/Uni.)		4,7E+11	2,1E+11	6,6E+03	
	Ref.		*42*	*43*	*44*	
7	PPL	3,7E+15	7.242	16.094	5,2E+11	63
	Tr PPL		5,1E+11	2,3E+11	7,2E+03	
	Ref.		*80*	*81*	*82*	
25	PPL	5,0E+15	9.335	20.744	6,7E+11	67
	Tr PPL		5,3E+11	2,4E+11	7,4E+03	
	Ref.		*118*	*119*	*120*	
75	PPL	4,6E+15	5.525	12.279	4,0E+11	54
	Tr PPL		8,4E+11	3,8E+11	1,2E+04	
	Ref.		*156*	*157*	*158*	
200	PPL	4,87E+14	210	467	1,5E+10	3,8
	Tr PPL		2,3E+12	1,0E+12	3,2E+04	
	Ref.		*194*	*195*	*196*	

TABELA 73. Alocação da Em e cálculo da Tr da serapilheira para cada área de estudo.

Produto da fotossíntese - Serapilheira						
Idade da área (anos)	Produto	Emergia alocada (J)	Massa (kg C/ha.ano)	Massa (kg/ha.ano)	Energia (J/ha.ano)	Energia (%)
0	Serapilheira	2,0E+14	432	959	3,1E+10	6
	Tr Serapilheira (seJ/Uni.)		4,7E+11	2,1E+11	6,6E+03	
	Ref.		*45*	*46*	*47*	
7	Serapilheira	2,2E+15	4.315	9.590	3,1E+11	37
	Tr Serapilheira (seJ/Uni.)		5,1E+11	2,3E+11	7,2E+03	
	Ref.		*83*	*84*	*85*	
25	Serapilheira	2,4E+15	4.532	10.070	3,3E+11	33
	Tr Serapilheira (seJ/Uni.)		5,3E+11	2,4E+11	7,4E+03	
	Ref.		*121*	*122*	*123*	
75	Serapilheira	3,9E+15	4.668	10.372	3,3E+11	46
	Tr Serapilheira (seJ/Uni.)		8,4E+11	3,8E+11	1,2E+04	
	Ref.		*157*	*160*	*161*	
200	Serapilheira	1,22E+16	5.265	11.700	3,8E+11	96,2
	Tr Serapilheira (seJ/Uni.)		2,3E+12	1,0E+12	3,2E+04	
	Ref.		*195*	*198*	*199*	

TABELA 74. Alocação da Em e cálculo da Tr do ar frio para cada área de estudo.

Produto da fotossíntese - Ar frio					
Idade da área (anos)	Produto	Emergia alocada (J)	Massa (kg/ha.ano)	Energia (J/ha.ano)	Energia (%)
0	Ar frio	9,9E+13	0	0	0,00000
	Tr Ar frio (seJ/Uni.)		#DIV/0!	#DIV/0!	
	Ref.		219	220	
7	Ar frio	1,0E+14	140	43.961	0,00001
	Tr Ar frio (seJ/Uni.)		7,3E+11	2,3E+09	
	Ref.		231	232	
25	Ar frio	1,0E+14	330	207.247	0,00002
	Tr Ar frio (seJ/Uni.)		3,1E+11	4,9E+08	
	Ref.		243	244	
75	Ar frio	9,4E+13	380	357.971	0,00005
	Tr Ar frio (seJ/Uni.)		2,5E+11	2,6E+08	
	Ref.		255	256	
200	Ar frio	1,0E+14	440	552.658	0,00014
	Tr Ar frio (seJ/Uni.)		2,3E+11	1,8E+08	
	Ref.		267	268	

1.6.3 TRANSFORMIDADE DA BIOMASSA VERDE

TABELA 75. Alocação da Em e cálculo da Tr do estoque de biomassa verde.

Produto da fotossíntese - Σ da PPL = Biomassa Verde (BV)					
Idade da área (anos)	Produto	Emergia alocada (J)	Massa (kg C/ha)	Massa (kg/ha)	Energia (J/ha)
0	Em total inverstida na BV	3,2E+15			
	Biomassa verde		15.093	33.540	1,1E+12
	Tr Biomassa verde (BV)		2,1E+11	9,5E+10	3,0E+03
	Ref.		21	22	23
7	Em total inverstida na BV	2,4E+16			
	Biomassa verde		65.790	146.200	4,7E+12
	Tr Biomassa verde (BV)		3,6E+11	1,6E+11	5,0E+03
	Ref.		57	58	59
25	Em total inverstida na BV	8,3E+16			
	Biomassa verde		233.816	519.590	1,7E+13
	Tr Biomassa verde (BV)		3,5E+11	1,6E+11	4,9E+03
	Ref.		94	95	96
75	Em total inverstida na BV	2,7E+17			
	Biomassa verde		510.084	1.133.520	3,7E+13
	Tr Biomassa verde (BV)		5,3E+11	2,4E+11	7,4E+03
	Ref.		131	132	133
200	Em total inverstida na BV	5,25E+17			
	Biomassa verde		536.378	1.191.950	3,8E+13
	Tr Biomassa verde (BV)		9,8E+11	4,4E+11	1,4E+04
	Ref.		167	168	169

O estoque de biomassa verde das áreas de estudo é formado pela fixação anual da PPL. Assim, o estoque reflete a fixação total na idade do sistema, por exemplo: a biomassa verde da área com 7 anos foi formada por 7 taxas de fixação anual (PPL). Como a taxa de fixação não é linear, os valores da Em alocada na Tabela 72 foram ajustados e interpolados pelo modelo Boltzmann. Estes valores interpolados (ver no software) foram somados por idade das áreas e calculados, com a aplicação da equação 115, para as diferentes unidades do estoque de biomassa verde das áreas de estudo.

1.6.4 TRANSFORMIDADE DOS PRODUTOS DA SERAPILHEIRA

A porcentagem (%) da Em da serapilheira é alocada por massa (kg) para a porcentagem (%) dos nutrientes da serapilheira. Esta Em é dividida pela massa de cada nutriente (equação 115). Estes valores estão na Tabela 76.

A diferença entre a Em total da serapilheira e a Em empregada no cálculo dos seus respectivos nutrientes está na última linha da Tabela 76.

Esta Em é alocada por energia (J) para formar o estoque da microbiota (a) e da estrutura do solo (b), esta que é somada com a Emergia da entrada do soerguimento geológico (Tabela 78), fluxo considerado importante para a formação da estrutura do solo.

A porcentagem restante da Em da serapilheira foi alocada para o cálculo da Tr da matéria orgânica (c).

Os fluxos anuais de “^{1}Em” foram interpolados e somados (^{a}Em) pela idade de cada área; esta somatória reflete a memória do investimento anual para formação dos estoques “a”, “b” e “c” (Tabela 77). A ^{a}Em é dividida pelos estoques “^{2}” em diferentes unidades de medida para se obter as respectivas transformidades (^{3}Tr).

TABELA 76. Alocação da Em e cálculo da Tr dos nutrientes da serapilheira.

Produtos da Serapilheira: Alocação (kg) de Emergia da serapilheira para os nutrientes totais da serapilheira (kg/ha.ano).						
Idade da área (anos)		0	7	25	75	200
Em da Biomassa da Serapilheira (seJ/Uni.)[a]		2,0E+14	2,2E+15	2,4E+15	3,9E+15	1,2E+16
Elemento	Componente					
N_2	[1]Em	3,2E+12	3,5E+13	3,8E+13	6,2E+13	1,9E+14
	[2]kg/ha.ano	15,1	150,9	158,4	163,2	184,0
	[3]Tr seJ/kg	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	3,8E+11	1,0E+12
	Ref. Tr	48	86	124	162	200
P	[1]Em	1,3E+11	1,4E+12	1,5E+12	2,5E+12	7,7E+12
	[2]kg/ha.ano	0,60	6,04	6,34	6,53	7,37
	[3]Tr seJ/kg	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	3,8E+11	1,0E+12
	Ref. Tr	49	87	125	163	201
K	[1]Em	3,7E+11	4,0E+12	4,4E+12	7,1E+12	2,2E+13
	[2]kg/ha.ano	1,75	17,45	18,33	18,88	21,29
	[3]Tr seJ/kg	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	3,8E+11	1,0E+12
	Ref. Tr	50	88	126	164	201
Ca	[1]Em	2,9E+12	3,2E+13	3,4E+13	5,6E+13	1,7E+14
	[2]kg/ha.ano	13,61	136,08	142,90	147,18	166,02
	[3]Tr seJ/kg	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	3,8E+11	1,0E+12
	Ref. Tr	51	89	127	165	203
Mg	[1]Em	4,2E+11	4,6E+12	5,0E+12	8,0E+12	2,5E+13
	[2]kg/ha.ano	1,97	19,66	20,64	21,26	23,99
	[3]Tr seJ/kg	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	3,8E+11	1,0E+12
	Ref. Tr	52	90	128	166	204
S	[1]Em	2,1E+11	2,3E+12	2,5E+12	4,1E+12	1,3E+13
	[2]kg/ha.ano	1,01	10,07	10,57	10,89	12,29
	[3]Tr seJ/kg	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	3,8E+11	1,0E+12
	Ref. Tr	53	91	129	167	205
B	[1]Em	4,9E+09	5,3E+10	5,8E+10	9,4E+10	2,9E+11
	[2]kg/ha.ano	0,02	0,23	0,24	0,25	0,28
	[3]Tr seJ/kg	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	3,8E+11	1,0E+12
	Ref. Tr	54	92	130	168	206
Cu	[1]Em	2,4E+09	2,6E+10	2,8E+10	4,5E+10	1,4E+11
	[2]kg/ha.ano	0,01	0,11	0,12	0,12	0,13
	[3]Tr seJ/kg	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	3,8E+11	1,0E+12
	Ref. Tr	55	93	131	169	207
Fe	[1]Em	9,7E+10	1,1E+12	1,1E+12	1,9E+12	5,8E+12
	[2]kg/ha.ano	0,45	4,55	4,78	4,92	5,55
	[3]Tr seJ/kg	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	3,8E+11	1,0E+12
	Ref. Tr	56	94	132	170	208
Mn	[1]Em	1,5E+11	1,6E+12	1,8E+12	2,9E+12	8,9E+12
	[2]kg/ha.ano	0,70	7,00	7,35	7,57	8,54
	[3]Tr seJ/kg	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	3,8E+11	1,0E+12
	Ref. Tr	57	95	133	171	209
Zn	[1]Em	6,8E+09	7,4E+10	8,1E+10	1,3E+11	4,1E+11
	[2]kg/ha.ano	0,03	0,32	0,34	0,35	0,39
	[3]Tr seJ/kg	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	3,8E+11	1,0E+12
	Ref. Tr	58	96	134	172	210
Em serapilheira - Em nutrientes		1,1E+14	1,2E+15	1,3E+15	2,1E+15	6,5E+15

TABELA 77. Alocação da Em e cálculo da Tr dos estoques edáficos.

Alocação (J) para formação dos estoques edáficos (microbiota, estrutura física e MO).						
Idade da área (anos)		0	7	25	75	200
Σ de a, b, c (J)	100	1,9E+09	2,1E+09	1,9E+09	1,5E+09	1,3E+09
(a) Microbiota	%	100,00	99,87	99,75	99,46	99,18
	[1]Em (seJ/ha.ano)	1,1E+14	1,2E+15	1,3E+15	2,1E+15	6,4E+15
	[a]Em (seJ/ha.total)	1,1E+14	5,2E+15	2,8E+16	1,1E+17	6,5E+17
	[2]J/ha	1,9E+09	2,1E+09	1,9E+09	1,5E+09	1,3E+09
	[3]Tr seJ/J	5,7E+04	2,5E+06	1,5E+07	7,5E+07	4,9E+08
	Ref. Tr	*24*	*62*	*100*	*138*	*174*
	[2]kg C/ha	46,44	49,61	44,30	35,90	31,61
	[3]Tr seJ/kg	2,4E+12	1,1E+14	6,3E+14	3,2E+15	2,0E+16
	Ref. Tr	*25*	*63*	*101*	*139*	*177*
(b) Estrutura física	%	0,00	0,13	0,25	0,54	0,82
	[1]Em (seJ/ha.ano)	0,0E+00	1,6E+12	3,2E+12	1,1E+13	5,3E+13
	[b]Σm (seJ/ha.total)	5,4E+14	3,8E+15	1,4E+16	4,1E+16	1,1E+17
	[2]J/ha	0,0E+00	2,8E+06	4,6E+06	8,2E+06	1,1E+07
	[3]Tr seJ/J	#DIV/0!	1,3E+09	2,9E+09	5,0E+09	1,0E+10
	Ref. Tr	*41*	*79*	*117*	*155*	*193*
(c) C (MO)	[1]Em (seJ/ha.ano)	9,2E+13	1,0E+15	1,1E+15	1,8E+15	5,5E+15
	[c]Em (seJ/ha.total)	9,3E+13	4,4E+15	2,3E+16	9,6E+16	5,5E+17
	[2]J/ha	6,3E+11	1,2E+12	1,5E+12	2,6E+12	3,5E+12
	[3]Tr seJ/J	1,5E+02	3,5E+03	1,5E+04	3,7E+04	1,6E+05
	Ref. Tr	*26*	*64*	*102*	*140*	*178*
	[2]kg/ha	28.000	55.000	68.000	114.000	153.500
	[3]Tr seJ/kg	3,3E+09	7,9E+10	3,4E+11	8,4E+11	3,6E+12
	Ref. Tr	*27*	*65*	*103*	*141*	*179*

TABELA 78. Em do soerguimento e somatória da Em investida na estrutura do solo.

Em soerguimento geológico[a]		
Idade da área	Em[a]	Σ Em
Σ 0 ano	5,4E+14	5,4E+14
Σ 7 anos	3,8E+15	3,8E+15
Σ 25 anos	1,3E+16	1,4E+16
Σ 75 anos	4,0E+16	4,1E+16
Σ 200 anos	1,1E+17	1,1E+17

Em[a] = Em da entrada total para cada área de estudo'

Σ Em = Em alocada da serapilheira + Em[a] [eq. 126]

1.6.5 TRANSFORMIDADE DOS PRODUTOS DA SERAPILHEIRA

Os valores dos fluxos emergéticos dos nutrientes (Tabela 76) foram interpolados (Tabela 79) para calcular o investimento, na forma de nutrientes da serapilheira, na formação dos estoques de nutrientes do solo.

TABELA 79. Interpolação dos fluxos emergéticos dos nutrientes depositados no solo.

Valores interpolados para calcular a Emergia total investida na forma de nutrientes da serapilheirade, na formação dos estoques de nutrientes solúveis do solo das áreas de estudo.

ano	N_2	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0	3,2E+12	1,3E+11	3,7E+11	2,9E+12	4,2E+11	2,2E+11	5,0E+09	2,4E+09	9,8E+10	1,5E+11	6,9E+09
1	7,7E+12	3,1E+11	8,9E+11	6,9E+12	1,0E+12	5,2E+11	1,2E+10	5,7E+09	2,4E+11	3,6E+11	1,6E+10
2	1,2E+13	4,9E+11	1,4E+12	1,1E+13	1,6E+12	8,1E+11	1,9E+10	9,1E+09	3,8E+11	5,6E+11	2,6E+10
3	1,7E+13	6,7E+11	1,9E+12	1,5E+13	2,2E+12	1,1E+12	2,6E+10	1,2E+10	5,3E+11	7,7E+11	3,6E+10
4	2,1E+13	8,6E+11	2,4E+12	1,9E+13	2,8E+12	1,4E+12	3,2E+10	1,6E+10	6,7E+11	9,8E+11	4,5E+10
5	2,6E+13	1,0E+12	3,0E+12	2,3E+13	3,3E+12	1,7E+12	3,9E+10	1,9E+10	8,1E+11	1,2E+12	5,5E+10
6	3,0E+13	1,2E+12	3,5E+12	2,7E+13	3,9E+12	2,0E+12	4,6E+10	2,3E+10	9,6E+11	1,4E+12	6,4E+10
7	3,5E+13	1,4E+12	4,0E+12	3,1E+13	4,5E+12	2,3E+12	5,3E+10	2,6E+10	1,1E+12	1,6E+12	7,4E+10
8	3,5E+13	1,4E+12	4,0E+12	3,1E+13	4,5E+12	2,3E+12	5,3E+10	2,6E+10	1,1E+12	1,6E+12	7,4E+10
9	3,5E+13	1,4E+12	4,0E+12	3,1E+13	4,6E+12	2,3E+12	5,4E+10	2,6E+10	1,1E+12	1,6E+12	7,5E+10
10	3,6E+13	1,4E+12	4,1E+12	3,2E+13	4,6E+12	2,3E+12	5,4E+10	2,6E+10	1,1E+12	1,6E+12	7,5E+10
11	3,6E+13	1,4E+12	4,1E+12	3,2E+13	4,6E+12	2,3E+12	5,4E+10	2,6E+10	1,1E+12	1,6E+12	7,6E+10
12	3,6E+13	1,4E+12	4,1E+12	3,2E+13	4,6E+12	2,4E+12	5,4E+10	2,7E+10	1,1E+12	1,7E+12	7,6E+10
13	3,6E+13	1,4E+12	4,1E+12	3,2E+13	4,7E+12	2,4E+12	5,5E+10	2,7E+10	1,1E+12	1,7E+12	7,6E+10
14	3,6E+13	1,4E+12	4,2E+12	3,2E+13	4,7E+12	2,4E+12	5,5E+10	2,7E+10	1,1E+12	1,7E+12	7,7E+10
15	3,6E+13	1,4E+12	4,2E+12	3,2E+13	4,7E+12	2,4E+12	5,5E+10	2,7E+10	1,1E+12	1,7E+12	7,7E+10
16	3,7E+13	1,5E+12	4,2E+12	3,3E+13	4,8E+12	2,4E+12	5,6E+10	2,7E+10	1,1E+12	1,7E+12	7,8E+10
17	3,7E+13	1,5E+12	4,2E+12	3,3E+13	4,8E+12	2,4E+12	5,6E+10	2,7E+10	1,1E+12	1,7E+12	7,8E+10
18	3,7E+13	1,5E+12	4,2E+12	3,3E+13	4,8E+12	2,4E+12	5,6E+10	2,7E+10	1,1E+12	1,7E+12	7,8E+10
19	3,7E+13	1,5E+12	4,3E+12	3,3E+13	4,8E+12	2,4E+12	5,6E+10	2,7E+10	1,1E+12	1,7E+12	7,9E+10
20	3,7E+13	1,5E+12	4,3E+12	3,3E+13	4,9E+12	2,4E+12	5,7E+10	2,7E+10	1,1E+12	1,7E+12	7,9E+10
21	3,7E+13	1,5E+12	4,3E+12	3,3E+13	4,9E+12	2,5E+12	5,7E+10	2,8E+10	1,1E+12	1,8E+12	7,9E+10
22	3,8E+13	1,5E+12	4,3E+12	3,4E+13	4,9E+12	2,5E+12	5,7E+10	2,8E+10	1,1E+12	1,8E+12	8,0E+10
23	3,8E+13	1,5E+12	4,4E+12	3,4E+13	4,9E+12	2,5E+12	5,7E+10	2,8E+10	1,1E+12	1,8E+12	8,0E+10
24	3,8E+13	1,5E+12	4,4E+12	3,4E+13	5,0E+12	2,5E+12	5,8E+10	2,8E+10	1,1E+12	1,8E+12	8,1E+10
25	3,8E+13	1,5E+12	4,4E+12	3,4E+13	5,0E+12	2,5E+12	5,8E+10	2,8E+10	1,1E+12	1,8E+12	8,1E+10
26	3,8E+13	1,5E+12	4,5E+12	3,4E+13	5,1E+12	2,5E+12	5,9E+10	2,8E+10	1,1E+12	1,8E+12	8,2E+10
27	3,9E+13	1,5E+12	4,5E+12	3,5E+13	5,1E+12	2,6E+12	5,9E+10	2,9E+10	1,1E+12	1,8E+12	8,3E+10
28	3,9E+13	1,6E+12	4,6E+12	3,5E+13	5,2E+12	2,6E+12	6,0E+10	2,9E+10	1,1E+12	1,9E+12	8,4E+10
29	4,0E+13	1,6E+12	4,6E+12	3,6E+13	5,2E+12	2,6E+12	6,1E+10	2,9E+10	1,2E+12	1,9E+12	8,5E+10
30	4,0E+13	1,6E+12	4,7E+12	3,6E+13	5,3E+12	2,7E+12	6,2E+10	3,0E+10	1,2E+12	1,9E+12	8,6E+10
31	4,1E+13	1,6E+12	4,7E+12	3,7E+13	5,4E+12	2,7E+12	6,2E+10	3,0E+10	1,2E+12	1,9E+12	8,7E+10
32	4,1E+13	1,6E+12	4,8E+12	3,7E+13	5,4E+12	2,7E+12	6,3E+10	3,0E+10	1,2E+12	2,0E+12	8,8E+10
33	4,2E+13	1,7E+12	4,8E+12	3,8E+13	5,5E+12	2,8E+12	6,4E+10	3,1E+10	1,2E+12	2,0E+12	8,9E+10
34	4,2E+13	1,7E+12	4,9E+12	3,8E+13	5,5E+12	2,8E+12	6,4E+10	3,1E+10	1,2E+12	2,0E+12	9,0E+10
35	4,3E+13	1,7E+12	4,9E+12	3,8E+13	5,6E+12	2,8E+12	6,5E+10	3,1E+10	1,3E+12	2,0E+12	9,1E+10
36	4,3E+13	1,7E+12	5,0E+12	3,9E+13	5,7E+12	2,9E+12	6,6E+10	3,2E+10	1,3E+12	2,0E+12	9,2E+10
37	4,4E+13	1,7E+12	5,0E+12	3,9E+13	5,7E+12	2,9E+12	6,7E+10	3,2E+10	1,3E+12	2,1E+12	9,3E+10
38	4,4E+13	1,8E+12	5,1E+12	4,0E+13	5,8E+12	2,9E+12	6,7E+10	3,2E+10	1,3E+12	2,1E+12	9,4E+10
39	4,5E+13	1,8E+12	5,2E+12	4,0E+13	5,8E+12	2,9E+12	6,8E+10	3,3E+10	1,3E+12	2,1E+12	9,5E+10
40	4,5E+13	1,8E+12	5,2E+12	4,1E+13	5,9E+12	3,0E+12	6,9E+10	3,3E+10	1,3E+12	2,1E+12	9,6E+10
41	4,6E+13	1,8E+12	5,3E+12	4,1E+13	6,0E+12	3,0E+12	7,0E+10	3,3E+10	1,4E+12	2,2E+12	9,7E+10
42	4,6E+13	1,8E+12	5,3E+12	4,1E+13	6,0E+12	3,0E+12	7,0E+10	3,4E+10	1,4E+12	2,2E+12	9,8E+10
43	4,7E+13	1,9E+12	5,4E+12	4,2E+13	6,1E+12	3,1E+12	7,1E+10	3,4E+10	1,4E+12	2,2E+12	9,9E+10
44	4,7E+13	1,9E+12	5,4E+12	4,2E+13	6,1E+12	3,1E+12	7,2E+10	3,4E+10	1,4E+12	2,2E+12	1,0E+11
45	4,8E+13	1,9E+12	5,5E+12	4,3E+13	6,2E+12	3,1E+12	7,2E+10	3,5E+10	1,4E+12	2,2E+12	1,0E+11
46	4,8E+13	1,9E+12	5,5E+12	4,3E+13	6,3E+12	3,2E+12	7,3E+10	3,5E+10	1,4E+12	2,3E+12	1,0E+11
47	4,9E+13	1,9E+12	5,6E+12	4,4E+13	6,3E+12	3,2E+12	7,4E+10	3,5E+10	1,5E+12	2,3E+12	1,0E+11
48	4,9E+13	2,0E+12	5,6E+12	4,4E+13	6,4E+12	3,2E+12	7,5E+10	3,6E+10	1,5E+12	2,3E+12	1,0E+11
49	5,0E+13	2,0E+12	5,7E+12	4,5E+13	6,4E+12	3,3E+12	7,5E+10	3,6E+10	1,5E+12	2,3E+12	1,0E+11
50	5,0E+13	2,0E+12	5,8E+12	4,5E+13	6,5E+12	3,3E+12	7,6E+10	3,7E+10	1,5E+12	2,4E+12	1,1E+11

TABELA 79. Interpolação dos fluxos emergéticos dos nutrientes depositados no solo (cont.).

51	5,0E+13	2,0E+12	5,8E+12	4,5E+13	6,6E+12	3,3E+12	7,7E+10	3,7E+10	1,5E+12	2,4E+12	1,1E+11
52	5,1E+13	2,0E+12	5,9E+12	4,6E+13	6,6E+12	3,4E+12	7,7E+10	3,7E+10	1,5E+12	2,4E+12	1,1E+11
53	5,1E+13	2,1E+12	5,9E+12	4,6E+13	6,7E+12	3,4E+12	7,8E+10	3,8E+10	1,5E+12	2,4E+12	1,1E+11
54	5,2E+13	2,1E+12	6,0E+12	4,7E+13	6,7E+12	3,4E+12	7,9E+10	3,8E+10	1,6E+12	2,4E+12	1,1E+11
55	5,2E+13	2,1E+12	6,0E+12	4,7E+13	6,8E+12	3,5E+12	8,0E+10	3,8E+10	1,6E+12	2,5E+12	1,1E+11
56	5,3E+13	2,1E+12	6,1E+12	4,8E+13	6,9E+12	3,5E+12	8,0E+10	3,9E+10	1,6E+12	2,5E+12	1,1E+11
57	5,3E+13	2,1E+12	6,1E+12	4,8E+13	6,9E+12	3,5E+12	8,1E+10	3,9E+10	1,6E+12	2,5E+12	1,1E+11
58	5,4E+13	2,2E+12	6,2E+12	4,9E+13	7,0E+12	3,6E+12	8,2E+10	3,9E+10	1,6E+12	2,5E+12	1,1E+11
59	5,4E+13	2,2E+12	6,2E+12	4,9E+13	7,0E+12	3,6E+12	8,2E+10	4,0E+10	1,6E+12	2,5E+12	1,1E+11
60	5,5E+13	2,2E+12	6,3E+12	4,9E+13	7,1E+12	3,6E+12	8,3E+10	4,0E+10	1,7E+12	2,6E+12	1,2E+11
61	5,5E+13	2,2E+12	6,3E+12	5,0E+13	7,2E+12	3,7E+12	8,4E+10	4,0E+10	1,7E+12	2,6E+12	1,2E+11
62	5,6E+13	2,2E+12	6,4E+12	5,0E+13	7,2E+12	3,7E+12	8,5E+10	4,1E+10	1,7E+12	2,6E+12	1,2E+11
63	5,6E+13	2,3E+12	6,5E+12	5,1E+13	7,3E+12	3,7E+12	8,5E+10	4,1E+10	1,7E+12	2,6E+12	1,2E+11
64	5,7E+13	2,3E+12	6,5E+12	5,1E+13	7,3E+12	3,7E+12	8,6E+10	4,1E+10	1,7E+12	2,7E+12	1,2E+11
65	5,7E+13	2,3E+12	6,6E+12	5,2E+13	7,4E+12	3,8E+12	8,7E+10	4,2E+10	1,7E+12	2,7E+12	1,2E+11
66	5,8E+13	2,3E+12	6,6E+12	5,2E+13	7,5E+12	3,8E+12	8,8E+10	4,2E+10	1,8E+12	2,7E+12	1,2E+11
67	5,8E+13	2,3E+12	6,7E+12	5,2E+13	7,5E+12	3,8E+12	8,8E+10	4,2E+10	1,8E+12	2,7E+12	1,2E+11
68	5,9E+13	2,4E+12	6,7E+12	5,3E+13	7,6E+12	3,9E+12	8,9E+10	4,3E+10	1,8E+12	2,7E+12	1,2E+11
69	5,9E+13	2,4E+12	6,8E+12	5,3E+13	7,6E+12	3,9E+12	9,0E+10	4,3E+10	1,8E+12	2,8E+12	1,2E+11
70	6,0E+13	2,4E+12	6,8E+12	5,4E+13	7,7E+12	3,9E+12	9,0E+10	4,3E+10	1,8E+12	2,8E+12	1,3E+11
71	6,0E+13	2,4E+12	6,9E+12	5,4E+13	7,8E+12	4,0E+12	9,1E+10	4,4E+10	1,8E+12	2,8E+12	1,3E+11
72	6,1E+13	2,4E+12	6,9E+12	5,5E+13	7,8E+12	4,0E+12	9,2E+10	4,4E+10	1,9E+12	2,8E+12	1,3E+11
73	6,1E+13	2,5E+12	7,0E+12	5,5E+13	7,9E+12	4,0E+12	9,3E+10	4,4E+10	1,9E+12	2,9E+12	1,3E+11
74	6,2E+13	2,5E+12	7,0E+12	5,6E+13	7,9E+12	4,1E+12	9,3E+10	4,5E+10	1,9E+12	2,9E+12	1,3E+11
75	6,2E+13	2,5E+12	7,1E+12	5,6E+13	8,0E+12	4,1E+12	9,4E+10	4,5E+10	1,9E+12	2,9E+12	1,3E+11
76	6,3E+13	2,5E+12	7,2E+12	5,7E+13	8,1E+12	4,2E+12	9,6E+10	4,6E+10	1,9E+12	2,9E+12	1,3E+11
77	6,4E+13	2,6E+12	7,3E+12	5,8E+13	8,3E+12	4,2E+12	9,7E+10	4,7E+10	2,0E+12	3,0E+12	1,3E+11
78	6,5E+13	2,6E+12	7,5E+12	5,9E+13	8,4E+12	4,3E+12	9,9E+10	4,7E+10	2,0E+12	3,0E+12	1,4E+11
79	6,6E+13	2,7E+12	7,6E+12	6,0E+13	8,5E+12	4,4E+12	1,0E+11	4,8E+10	2,0E+12	3,1E+12	1,4E+11
80	6,7E+13	2,7E+12	7,7E+12	6,1E+13	8,7E+12	4,5E+12	1,0E+11	4,9E+10	2,1E+12	3,1E+12	1,4E+11
81	6,8E+13	2,7E+12	7,8E+12	6,1E+13	8,8E+12	4,5E+12	1,0E+11	5,0E+10	2,1E+12	3,2E+12	1,4E+11
82	6,9E+13	2,8E+12	7,9E+12	6,2E+13	9,0E+12	4,6E+12	1,0E+11	5,0E+10	2,1E+12	3,2E+12	1,5E+11
83	7,0E+13	2,8E+12	8,1E+12	6,3E+13	9,1E+12	4,7E+12	1,1E+11	5,1E+10	2,1E+12	3,3E+12	1,5E+11
84	7,1E+13	2,9E+12	8,2E+12	6,4E+13	9,2E+12	4,7E+12	1,1E+11	5,2E+10	2,2E+12	3,3E+12	1,5E+11
85	7,2E+13	2,9E+12	8,3E+12	6,5E+13	9,4E+12	4,8E+12	1,1E+11	5,3E+10	2,2E+12	3,4E+12	1,5E+11
86	7,3E+13	3,0E+12	8,4E+12	6,6E+13	9,5E+12	4,9E+12	1,1E+11	5,3E+10	2,2E+12	3,4E+12	1,5E+11
87	7,4E+13	3,0E+12	8,5E+12	6,7E+13	9,6E+12	5,0E+12	1,1E+11	5,4E+10	2,3E+12	3,5E+12	1,6E+11
88	7,5E+13	3,0E+12	8,6E+12	6,8E+13	9,8E+12	5,0E+12	1,1E+11	5,5E+10	2,3E+12	3,5E+12	1,6E+11
89	7,6E+13	3,1E+12	8,8E+12	6,9E+13	9,9E+12	5,1E+12	1,2E+11	5,6E+10	2,3E+12	3,6E+12	1,6E+11
90	7,7E+13	3,1E+12	8,9E+12	7,0E+13	1,0E+13	5,2E+12	1,2E+11	5,6E+10	2,4E+12	3,6E+12	1,6E+11
91	7,8E+13	3,2E+12	9,0E+12	7,1E+13	1,0E+13	5,2E+12	1,2E+11	5,7E+10	2,4E+12	3,7E+12	1,7E+11
92	7,9E+13	3,2E+12	9,1E+12	7,2E+13	1,0E+13	5,3E+12	1,2E+11	5,8E+10	2,4E+12	3,7E+12	1,7E+11
93	8,0E+13	3,2E+12	9,2E+12	7,2E+13	1,0E+13	5,4E+12	1,2E+11	5,9E+10	2,5E+12	3,8E+12	1,7E+11
94	8,1E+13	3,3E+12	9,4E+12	7,3E+13	1,1E+13	5,5E+12	1,2E+11	5,9E+10	2,5E+12	3,8E+12	1,7E+11
95	8,2E+13	3,3E+12	9,5E+12	7,4E+13	1,1E+13	5,5E+12	1,3E+11	6,0E+10	2,5E+12	3,9E+12	1,7E+11
96	8,4E+13	3,4E+12	9,6E+12	7,5E+13	1,1E+13	5,6E+12	1,3E+11	6,1E+10	2,6E+12	3,9E+12	1,8E+11
97	8,5E+13	3,4E+12	9,7E+12	7,6E+13	1,1E+13	5,7E+12	1,3E+11	6,2E+10	2,6E+12	4,0E+12	1,8E+11
98	8,6E+13	3,5E+12	9,8E+12	7,7E+13	1,1E+13	5,7E+12	1,3E+11	6,2E+10	2,6E+12	4,0E+12	1,8E+11
99	8,7E+13	3,5E+12	1,0E+13	7,8E+13	1,1E+13	5,8E+12	1,3E+11	6,3E+10	2,6E+12	4,1E+12	1,8E+11
100	8,8E+13	3,5E+12	1,0E+13	7,9E+13	1,1E+13	5,9E+12	1,3E+11	6,4E+10	2,7E+12	4,1E+12	1,9E+11
101	8,9E+13	3,6E+12	1,0E+13	8,0E+13	1,2E+13	6,0E+12	1,3E+11	6,5E+10	2,7E+12	4,1E+12	1,9E+11
102	9,0E+13	3,6E+12	1,0E+13	8,1E+13	1,2E+13	6,0E+12	1,4E+11	6,6E+10	2,7E+12	4,2E+12	1,9E+11
103	9,1E+13	3,7E+12	1,0E+13	8,2E+13	1,2E+13	6,1E+12	1,4E+11	6,6E+10	2,8E+12	4,2E+12	1,9E+11
104	9,2E+13	3,7E+12	1,1E+13	8,2E+13	1,2E+13	6,2E+12	1,4E+11	6,7E+10	2,8E+12	4,3E+12	1,9E+11
105	9,3E+13	3,7E+12	1,1E+13	8,3E+13	1,2E+13	6,2E+12	1,4E+11	6,8E+10	2,8E+12	4,3E+12	2,0E+11
106	9,4E+13	3,8E+12	1,1E+13	8,4E+13	1,2E+13	6,3E+12	1,4E+11	6,9E+10	2,9E+12	4,4E+12	2,0E+11
107	9,5E+13	3,8E+12	1,1E+13	8,5E+13	1,2E+13	6,4E+12	1,4E+11	6,9E+10	2,9E+12	4,4E+12	2,0E+11
108	9,6E+13	3,9E+12	1,1E+13	8,6E+13	1,2E+13	6,4E+12	1,5E+11	7,0E+10	2,9E+12	4,5E+12	2,0E+11
109	9,7E+13	3,9E+12	1,1E+13	8,7E+13	1,3E+13	6,5E+12	1,5E+11	7,1E+10	3,0E+12	4,5E+12	2,1E+11
110	9,8E+13	4,0E+12	1,1E+13	8,8E+13	1,3E+13	6,6E+12	1,5E+11	7,2E+10	3,0E+12	4,6E+12	2,1E+11
111	9,9E+13	4,0E+12	1,1E+13	8,9E+13	1,3E+13	6,7E+12	1,5E+11	7,2E+10	3,0E+12	4,6E+12	2,1E+11
112	1,0E+14	4,0E+12	1,2E+13	9,0E+13	1,3E+13	6,7E+12	1,5E+11	7,3E+10	3,1E+12	4,7E+12	2,1E+11
113	1,0E+14	4,1E+12	1,2E+13	9,1E+13	1,3E+13	6,8E+12	1,5E+11	7,4E+10	3,1E+12	4,7E+12	2,2E+11
114	1,0E+14	4,1E+12	1,2E+13	9,2E+13	1,3E+13	6,9E+12	1,6E+11	7,5E+10	3,1E+12	4,8E+12	2,2E+11
115	1,0E+14	4,2E+12	1,2E+13	9,2E+13	1,3E+13	6,9E+12	1,6E+11	7,5E+10	3,1E+12	4,8E+12	2,2E+11

TABELA 79. Interpolação dos fluxos emergéticos dos nutrientes depositados no solo (cont.).

116	1,0E+14	4,2E+12	1,2E+13	9,3E+13	1,4E+13	7,0E+12	1,6E+11	7,6E+10	3,2E+12	4,9E+12	2,2E+11
117	1,1E+14	4,2E+12	1,2E+13	9,4E+13	1,4E+13	7,1E+12	1,6E+11	7,7E+10	3,2E+12	4,9E+12	2,2E+11
118	1,1E+14	4,3E+12	1,2E+13	9,5E+13	1,4E+13	7,2E+12	1,6E+11	7,8E+10	3,2E+12	5,0E+12	2,3E+11
119	1,1E+14	4,3E+12	1,2E+13	9,6E+13	1,4E+13	7,2E+12	1,6E+11	7,8E+10	3,3E+12	5,0E+12	2,3E+11
120	1,1E+14	4,4E+12	1,2E+13	9,7E+13	1,4E+13	7,3E+12	1,6E+11	7,9E+10	3,3E+12	5,1E+12	2,3E+11
121	1,1E+14	4,4E+12	1,3E+13	9,8E+13	1,4E+13	7,4E+12	1,7E+11	8,0E+10	3,3E+12	5,1E+12	2,3E+11
122	1,1E+14	4,5E+12	1,3E+13	9,9E+13	1,4E+13	7,4E+12	1,7E+11	8,1E+10	3,4E+12	5,2E+12	2,4E+11
123	1,1E+14	4,5E+12	1,3E+13	1,0E+14	1,5E+13	7,5E+12	1,7E+11	8,1E+10	3,4E+12	5,2E+12	2,4E+11
124	1,1E+14	4,5E+12	1,3E+13	1,0E+14	1,5E+13	7,6E+12	1,7E+11	8,2E+10	3,4E+12	5,3E+12	2,4E+11
125	1,1E+14	4,6E+12	1,3E+13	1,0E+14	1,5E+13	7,7E+12	1,7E+11	8,3E+10	3,5E+12	5,3E+12	2,4E+11
126	1,1E+14	4,6E+12	1,3E+13	1,0E+14	1,5E+13	7,7E+12	1,7E+11	8,4E+10	3,5E+12	5,3E+12	2,4E+11
127	1,2E+14	4,7E+12	1,3E+13	1,0E+14	1,5E+13	7,8E+12	1,8E+11	8,5E+10	3,5E+12	5,4E+12	2,5E+11
128	1,2E+14	4,7E+12	1,3E+13	1,0E+14	1,5E+13	7,9E+12	1,8E+11	8,5E+10	3,6E+12	5,4E+12	2,5E+11
129	1,2E+14	4,7E+12	1,4E+13	1,1E+14	1,5E+13	7,9E+12	1,8E+11	8,6E+10	3,6E+12	5,5E+12	2,5E+11
130	1,2E+14	4,8E+12	1,4E+13	1,1E+14	1,5E+13	8,0E+12	1,8E+11	8,7E+10	3,6E+12	5,5E+12	2,5E+11
131	1,2E+14	4,8E+12	1,4E+13	1,1E+14	1,6E+13	8,1E+12	1,8E+11	8,8E+10	3,6E+12	5,6E+12	2,6E+11
132	1,2E+14	4,9E+12	1,4E+13	1,1E+14	1,6E+13	8,2E+12	1,8E+11	8,8E+10	3,7E+12	5,6E+12	2,6E+11
133	1,2E+14	4,9E+12	1,4E+13	1,1E+14	1,6E+13	8,2E+12	1,8E+11	8,9E+10	3,7E+12	5,7E+12	2,6E+11
134	1,2E+14	5,0E+12	1,4E+13	1,1E+14	1,6E+13	8,3E+12	1,9E+11	9,0E+10	3,7E+12	5,7E+12	2,6E+11
135	1,2E+14	5,0E+12	1,4E+13	1,1E+14	1,6E+13	8,4E+12	1,9E+11	9,1E+10	3,8E+12	5,8E+12	2,6E+11
136	1,2E+14	5,0E+12	1,4E+13	1,1E+14	1,6E+13	8,4E+12	1,9E+11	9,1E+10	3,8E+12	5,8E+12	2,7E+11
137	1,3E+14	5,1E+12	1,4E+13	1,1E+14	1,6E+13	8,5E+12	1,9E+11	9,2E+10	3,8E+12	5,9E+12	2,7E+11
138	1,3E+14	5,1E+12	1,5E+13	1,1E+14	1,7E+13	8,6E+12	1,9E+11	9,3E+10	3,9E+12	5,9E+12	2,7E+11
139	1,3E+14	5,2E+12	1,5E+13	1,1E+14	1,7E+13	8,7E+12	1,9E+11	9,4E+10	3,9E+12	6,0E+12	2,7E+11
140	1,3E+14	5,2E+12	1,5E+13	1,2E+14	1,7E+13	8,7E+12	2,0E+11	9,4E+10	3,9E+12	6,0E+12	2,8E+11
141	1,3E+14	5,2E+12	1,5E+13	1,2E+14	1,7E+13	8,8E+12	2,0E+11	9,5E+10	4,0E+12	6,1E+12	2,8E+11
142	1,3E+14	5,3E+12	1,5E+13	1,2E+14	1,7E+13	8,9E+12	2,0E+11	9,6E+10	4,0E+12	6,1E+12	2,8E+11
143	1,3E+14	5,3E+12	1,5E+13	1,2E+14	1,7E+13	8,9E+12	2,0E+11	9,7E+10	4,0E+12	6,2E+12	2,8E+11
144	1,3E+14	5,4E+12	1,5E+13	1,2E+14	1,7E+13	9,0E+12	2,0E+11	9,7E+10	4,1E+12	6,2E+12	2,8E+11
145	1,3E+14	5,4E+12	1,5E+13	1,2E+14	1,8E+13	9,1E+12	2,0E+11	9,8E+10	4,1E+12	6,3E+12	2,9E+11
146	1,3E+14	5,5E+12	1,6E+13	1,2E+14	1,8E+13	9,2E+12	2,1E+11	9,9E+10	4,1E+12	6,3E+12	2,9E+11
147	1,4E+14	5,5E+12	1,6E+13	1,2E+14	1,8E+13	9,2E+12	2,1E+11	1,0E+11	4,1E+12	6,4E+12	2,9E+11
148	1,4E+14	5,5E+12	1,6E+13	1,2E+14	1,8E+13	9,3E+12	2,1E+11	1,0E+11	4,2E+12	6,4E+12	2,9E+11
149	1,4E+14	5,6E+12	1,6E+13	1,2E+14	1,8E+13	9,4E+12	2,1E+11	1,0E+11	4,2E+12	6,5E+12	3,0E+11
150	1,4E+14	5,6E+12	1,6E+13	1,2E+14	1,8E+13	9,4E+12	2,1E+11	1,0E+11	4,2E+12	6,5E+12	3,0E+11
151	1,4E+14	5,7E+12	1,6E+13	1,3E+14	1,8E+13	9,5E+12	2,1E+11	1,0E+11	4,3E+12	6,5E+12	3,0E+11
152	1,4E+14	5,7E+12	1,6E+13	1,3E+14	1,8E+13	9,6E+12	2,1E+11	1,0E+11	4,3E+12	6,6E+12	3,0E+11
153	1,4E+14	5,7E+12	1,6E+13	1,3E+14	1,9E+13	9,7E+12	2,2E+11	1,0E+11	4,3E+12	6,6E+12	3,0E+11
154	1,4E+14	5,8E+12	1,7E+13	1,3E+14	1,9E+13	9,7E+12	2,2E+11	1,1E+11	4,4E+12	6,7E+12	3,1E+11
155	1,4E+14	5,8E+12	1,7E+13	1,3E+14	1,9E+13	9,8E+12	2,2E+11	1,1E+11	4,4E+12	6,7E+12	3,1E+11
156	1,4E+14	5,9E+12	1,7E+13	1,3E+14	1,9E+13	9,9E+12	2,2E+11	1,1E+11	4,4E+12	6,8E+12	3,1E+11
157	1,5E+14	5,9E+12	1,7E+13	1,3E+14	1,9E+13	9,9E+12	2,2E+11	1,1E+11	4,5E+12	6,8E+12	3,1E+11
158	1,5E+14	6,0E+12	1,7E+13	1,3E+14	1,9E+13	1,0E+13	2,2E+11	1,1E+11	4,5E+12	6,9E+12	3,2E+11
159	1,5E+14	6,0E+12	1,7E+13	1,3E+14	1,9E+13	1,0E+13	2,3E+11	1,1E+11	4,5E+12	6,9E+12	3,2E+11
160	1,5E+14	6,0E+12	1,7E+13	1,3E+14	2,0E+13	1,0E+13	2,3E+11	1,1E+11	4,6E+12	7,0E+12	3,2E+11
161	1,5E+14	6,1E+12	1,7E+13	1,3E+14	2,0E+13	1,0E+13	2,3E+11	1,1E+11	4,6E+12	7,0E+12	3,2E+11
162	1,5E+14	6,1E+12	1,7E+13	1,4E+14	2,0E+13	1,0E+13	2,3E+11	1,1E+11	4,6E+12	7,1E+12	3,2E+11
163	1,5E+14	6,2E+12	1,8E+13	1,4E+14	2,0E+13	1,0E+13	2,3E+11	1,1E+11	4,6E+12	7,1E+12	3,3E+11
164	1,5E+14	6,2E+12	1,8E+13	1,4E+14	2,0E+13	1,0E+13	2,3E+11	1,1E+11	4,7E+12	7,2E+12	3,3E+11
165	1,5E+14	6,2E+12	1,8E+13	1,4E+14	2,0E+13	1,1E+13	2,4E+11	1,1E+11	4,7E+12	7,2E+12	3,3E+11
166	1,6E+14	6,3E+12	1,8E+13	1,4E+14	2,0E+13	1,1E+13	2,4E+11	1,1E+11	4,7E+12	7,3E+12	3,3E+11
167	1,6E+14	6,3E+12	1,8E+13	1,4E+14	2,1E+13	1,1E+13	2,4E+11	1,1E+11	4,8E+12	7,3E+12	3,4E+11
168	1,6E+14	6,4E+12	1,8E+13	1,4E+14	2,1E+13	1,1E+13	2,4E+11	1,2E+11	4,8E+12	7,4E+12	3,4E+11
169	1,6E+14	6,4E+12	1,8E+13	1,4E+14	2,1E+13	1,1E+13	2,4E+11	1,2E+11	4,8E+12	7,4E+12	3,4E+11
170	1,6E+14	6,5E+12	1,8E+13	1,4E+14	2,1E+13	1,1E+13	2,4E+11	1,2E+11	4,9E+12	7,5E+12	3,4E+11
171	1,6E+14	6,5E+12	1,9E+13	1,4E+14	2,1E+13	1,1E+13	2,4E+11	1,2E+11	4,9E+12	7,5E+12	3,5E+11
172	1,6E+14	6,5E+12	1,9E+13	1,4E+14	2,1E+13	1,1E+13	2,5E+11	1,2E+11	4,9E+12	7,6E+12	3,5E+11
173	1,6E+14	6,6E+12	1,9E+13	1,5E+14	2,1E+13	1,1E+13	2,5E+11	1,2E+11	5,0E+12	7,6E+12	3,5E+11
174	1,6E+14	6,6E+12	1,9E+13	1,5E+14	2,1E+13	1,1E+13	2,5E+11	1,2E+11	5,0E+12	7,7E+12	3,5E+11
175	1,6E+14	6,7E+12	1,9E+13	1,5E+14	2,2E+13	1,1E+13	2,5E+11	1,2E+11	5,0E+12	7,7E+12	3,5E+11
176	1,7E+14	6,7E+12	1,9E+13	1,5E+14	2,2E+13	1,1E+13	2,5E+11	1,2E+11	5,1E+12	7,7E+12	3,6E+11
177	1,7E+14	6,7E+12	1,9E+13	1,5E+14	2,2E+13	1,1E+13	2,5E+11	1,2E+11	5,1E+12	7,8E+12	3,6E+11
178	1,7E+14	6,8E+12	1,9E+13	1,5E+14	2,2E+13	1,1E+13	2,6E+11	1,2E+11	5,1E+12	7,8E+12	3,6E+11
179	1,7E+14	6,8E+12	1,9E+13	1,5E+14	2,2E+13	1,2E+13	2,6E+11	1,2E+11	5,1E+12	7,9E+12	3,6E+11
180	1,7E+14	6,9E+12	2,0E+13	1,5E+14	2,2E+13	1,2E+13	2,6E+11	1,2E+11	5,2E+12	7,9E+12	3,7E+11

TABELA 79. Interpolação dos fluxos emergéticos dos nutrientes depositados no solo (cont.).

181	1,7E+14	6,9E+12	2,0E+13	1,5E+14	2,2E+13	1,2E+13	2,6E+11	1,3E+11	5,2E+12	8,0E+12	3,7E+11
182	1,7E+14	7,0E+12	2,0E+13	1,5E+14	2,3E+13	1,2E+13	2,6E+11	1,3E+11	5,2E+12	8,0E+12	3,7E+11
183	1,7E+14	7,0E+12	2,0E+13	1,5E+14	2,3E+13	1,2E+13	2,6E+11	1,3E+11	5,3E+12	8,1E+12	3,7E+11
184	1,7E+14	7,0E+12	2,0E+13	1,6E+14	2,3E+13	1,2E+13	2,6E+11	1,3E+11	5,3E+12	8,1E+12	3,7E+11
185	1,7E+14	7,1E+12	2,0E+13	1,6E+14	2,3E+13	1,2E+13	2,7E+11	1,3E+11	5,3E+12	8,2E+12	3,8E+11
186	1,8E+14	7,1E+12	2,0E+13	1,6E+14	2,3E+13	1,2E+13	2,7E+11	1,3E+11	5,4E+12	8,2E+12	3,8E+11
187	1,8E+14	7,2E+12	2,0E+13	1,6E+14	2,3E+13	1,2E+13	2,7E+11	1,3E+11	5,4E+12	8,3E+12	3,8E+11
188	1,8E+14	7,2E+12	2,1E+13	1,6E+14	2,3E+13	1,2E+13	2,7E+11	1,3E+11	5,4E+12	8,3E+12	3,8E+11
189	1,8E+14	7,2E+12	2,1E+13	1,6E+14	2,4E+13	1,2E+13	2,7E+11	1,3E+11	5,5E+12	8,4E+12	3,9E+11
190	1,8E+14	7,3E+12	2,1E+13	1,6E+14	2,4E+13	1,2E+13	2,7E+11	1,3E+11	5,5E+12	8,4E+12	3,9E+11
191	1,8E+14	7,3E+12	2,1E+13	1,6E+14	2,4E+13	1,2E+13	2,8E+11	1,3E+11	5,5E+12	8,5E+12	3,9E+11
192	1,8E+14	7,4E+12	2,1E+13	1,6E+14	2,4E+13	1,2E+13	2,8E+11	1,3E+11	5,6E+12	8,5E+12	3,9E+11
193	1,8E+14	7,4E+12	2,1E+13	1,6E+14	2,4E+13	1,3E+13	2,8E+11	1,3E+11	5,6E+12	8,6E+12	3,9E+11
194	1,8E+14	7,5E+12	2,1E+13	1,6E+14	2,4E+13	1,3E+13	2,8E+11	1,4E+11	5,6E+12	8,6E+12	4,0E+11
195	1,8E+14	7,5E+12	2,1E+13	1,7E+14	2,4E+13	1,3E+13	2,8E+11	1,4E+11	5,6E+12	8,7E+12	4,0E+11
196	1,9E+14	7,5E+12	2,2E+13	1,7E+14	2,4E+13	1,3E+13	2,8E+11	1,4E+11	5,7E+12	8,7E+12	4,0E+11
197	1,9E+14	7,6E+12	2,2E+13	1,7E+14	2,5E+13	1,3E+13	2,9E+11	1,4E+11	5,7E+12	8,8E+12	4,0E+11
198	1,9E+14	7,6E+12	2,2E+13	1,7E+14	2,5E+13	1,3E+13	2,9E+11	1,4E+11	5,7E+12	8,8E+12	4,1E+11
199	1,9E+14	7,7E+12	2,2E+13	1,7E+14	2,5E+13	1,3E+13	2,9E+11	1,4E+11	5,8E+12	8,9E+12	4,1E+11
200	1,9E+14	7,7E+12	2,2E+13	1,7E+14	2,5E+13	1,3E+13	2,9E+11	1,4E+11	5,8E+12	8,9E+12	4,1E+11
Σ 0 ano	3,2E+12	1,3E+11	3,7E+11	2,9E+12	4,2E+11	2,2E+11	5,0E+09	2,4E+09	9,8E+10	1,5E+11	6,9E+09
Σ 7 anos	1,5E+14	6,1E+12	1,7E+13	1,4E+14	2,0E+13	1,0E+13	2,3E+11	1,1E+11	4,8E+12	7,0E+12	3,2E+11
Σ 25 anos	8,1E+14	3,2E+13	9,3E+13	7,2E+14	1,1E+14	5,3E+13	1,2E+12	6,0E+11	2,5E+13	3,8E+13	1,7E+12
Σ 75 anos	3,3E+15	1,3E+14	3,8E+14	3,0E+15	4,3E+14	2,2E+14	5,1E+12	2,4E+12	1,0E+14	1,6E+14	7,0E+12
Σ 200 anos	1,9E+16	7,7E+14	2,2E+15	1,7E+16	2,5E+15	1,3E+15	2,9E+13	1,4E+13	5,8E+14	9,0E+14	4,1E+13

As somatórias destes valores foram empregadas na Tabela 80 para calcular a Tr dos estoques de nutrientes do solo.

TABELA 80. Cálculo da Tr dos estoques de nutrientes do solo.

Produtos da Serapilheira: Alocação (kg) de Emergia para os nutrientes (kg/ha.ano).						
Idade da área (anos)		0	7	25	75	200
Elemento	Componente					
N_2	[1]Em	3,2E+12	1,5E+14	8,1E+14	3,3E+15	1,9E+16
	[2]kg/ha	20,5	42,0	68,2	513,4	1.907,6
	[3]Tr seJ/kg	1,6E+11	3,6E+12	1,2E+13	6,5E+12	1,0E+13
	Ref. Tr	*28*	*66*	*104*	*142*	*180*
P	[1]Em	1,3E+11	6,1E+12	3,2E+13	1,3E+14	7,7E+14
	[2]kg/ha	39	33	30	42	61
	[3]Tr seJ/kg	3,4E+09	1,9E+11	1,1E+12	3,2E+12	1,3E+13
	Ref. Tr	*29*	*67*	*105*	*143*	*181*
K	[1]Em	3,7E+11	1,7E+13	9,3E+13	3,8E+14	2,2E+15
	[2]kg/ha	235	555	168	158	446
	[3]Tr seJ/kg	1,6E+09	3,1E+10	5,5E+11	2,4E+12	5,0E+12
	Ref. Tr	*30*	*68*	*106*	*144*	*182*
Ca	[1]Em	2,9E+12	1,4E+14	7,2E+14	3,0E+15	1,7E+16
	[2]kg/ha	621	1.272	4.318	2.856	3.397
	[3]Tr seJ/kg	4,7E+09	1,1E+11	1,7E+11	1,0E+12	5,1E+12
	Ref. Tr	*31*	*69*	*107*	*145*	*183*
Mg	[1]Em	4,2E+11	2,0E+13	1,1E+14	4,3E+14	2,5E+15
	[2]kg/ha	127,60	419	516	735	1.300
	[3]Tr seJ/kg	3,3E+09	4,7E+10	2,0E+11	5,9E+11	1,9E+12
	Ref. Tr	*32*	*70*	*108*	*146*	*184*
S	[1]Em	2,2E+11	1,0E+13	5,3E+13	2,2E+14	1,3E+15
	[2]kg/ha	20	12	11	22	26
	[3]Tr seJ/kg	1,1E+10	8,4E+11	4,9E+12	1,0E+13	5,0E+13
	Ref. Tr	*35*	*73*	*111*	*149*	*187*
B	[1]Em	5,0E+09	2,3E+11	1,2E+12	5,1E+12	2,9E+13
	[2]kg/ha	1	2	2	3	4
	[3]Tr seJ/kg	5,7E+09	1,5E+11	6,0E+11	2,0E+12	7,1E+12
	Ref. Tr	*36*	*74*	*112*	*150*	*188*
Cu	[1]Em	2,4E+09	1,1E+11	6,0E+11	2,4E+12	1,4E+13
	[2]kg/ha	7	1	7	3	5
	[3]Tr seJ/kg	3,2E+08	9,5E+10	9,0E+10	8,5E+11	2,6E+12
	Ref. Tr	*37*	*75*	*113*	*151*	*189*
Fe	[1]Em	9,8E+10	4,8E+12	2,5E+13	1,0E+14	5,8E+14
	[2]kg/ha	111	134	179	149	70
	[3]Tr seJ/kg	8,9E+08	3,6E+10	1,4E+11	6,7E+11	8,3E+12
	Ref. Tr	*37*	*76*	*114*	*152*	*190*
Mn	[1]Em	1,5E+11	7,0E+12	3,8E+13	1,6E+14	9,0E+14
	[2]kg/ha	377	141	486	398	306
	[3]Tr seJ/kg	4,0E+08	5,0E+10	7,8E+10	3,9E+11	2,9E+12
	Ref. Tr	*39*	*77*	*115*	*153*	*191*
Zn	[1]Em	6,9E+09	3,2E+11	1,7E+12	7,0E+12	4,1E+13
	[2]kg/ha	2	2	14	6	11
	[3]Tr seJ/kg	4,1E+09	1,5E+11	1,3E+11	1,2E+12	3,8E+12
	Ref. Tr	*40*	*78*	*116*	*154*	*192*

1.6.6 TRANSFORMIDADE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

A Tr do escoamento superficial foi calculada pela alocação da porcentagem da Em da chuva para formar este fluxo, com posterior aplicação da equação 115, para as diferentes unidades de medida deste fluxo (Tabela 81 e 82).

TABELA 81. Cálculo da Tr do escoamento superficial (seJ/kg).

Tr do escoamento superficial					
Idade do fragmento	Escoamento Superficial[1] (%)	Em da chuva[2] (seJ/ha.ano)	Escoamento superficial (kg/ha.ano)	Tr Escoamento superficial (seJ/kg)	Ref.
		2,14E+15			
0 ano	76,9	1,65E+15	1,1E+07	1,5E+08	*211*
07 anos	66,7	1,43E+15	9,5E+06	1,5E+08	*223*
25 anos	43,6	9,32E+14	6,2E+06	1,5E+08	*235*
75 anos	14,7	3,15E+14	2,1E+06	1,5E+08	*247*
200 anos	5,0	1,07E+14	7,1E+05	1,5E+08	*259*

TABELA 82. Cálculo da Tr do escoamento superficial (seJ/J).

Tr do escoamento superficial					
Idade do fragmento	Escoamento Superficial[1] (%)	Em da chuva[2] (seJ/ha.ano)	Escoamento superficial (J/ha.ano)	Tr Escoamento superficial (seJ/J)	Ref.
		2,14E+15			
0 ano	76,9	1,65E+15	5,4E+10	3,1E+04	*212*
07 anos	66,7	1,43E+15	4,7E+10	3,1E+04	*224*
25 anos	43,6	9,32E+14	3,1E+10	3,1E+04	*236*
75 anos	14,7	3,15E+14	1,0E+10	3,1E+04	*248*
200 anos	5,0	1,07E+14	3,5E+09	3,1E+04	*260*

1.6.7 TRANSFORMIDADE ESCOAMENTO SUB-SUPERFICIAL

A Tr do escoamento sub-superficial foi calculada pela alocação da porcentagem da Em da chuva para formar este fluxo, com posterior aplicação da equação 115, para as diferentes unidades de medida deste fluxo (Tabela 83 e 84).

TABELA 83. Cálculo da Tr do escoamento sub-superficial (seJ/kg).

Tr do escoamento sub-superficial					
Idade do fragmento	Escoamento Sub-superficial[1] (%)	Em da chuva[2] (seJ/ha.ano)	Escoamento Sub-superficial (kg/ha.ano)	Tr Escoamento sub-superficial (seJ/kg)	Ref.
		2,14E+15			
0 ano	11,5	2,46E+14	1,6E+06	1,5E+08	*213*
07 anos	9,7	2,07E+14	1,4E+06	1,5E+08	*225*
25 anos	8,4	1,79E+14	1,2E+06	1,5E+08	*237*
75 anos	7,1	1,53E+14	1,0E+06	1,5E+08	*249*
200 anos	6,0	1,28E+14	8,5E+05	1,5E+08	*261*

TABELA 84. Cálculo da Tr do escoamento sub-superficial (seJ/J).

Tr do escoamento sub-superficial					
Idade do fragmento	Escoamento Sub-superficial[1] (%)	Em da chuva[2] (seJ/ha.ano)	Escoamento Sub-superficial (J/ha.ano)	Tr Escoamento sub-superficial (seJ/J)	Ref.
		2,14E+15			
0 ano	11,5	2,46E+14	8,0E+09	3,1E+04	*214*
07 anos	9,7	2,07E+14	6,8E+09	3,1E+04	*226*
25 anos	8,4	1,79E+14	5,9E+09	3,1E+04	*238*
75 anos	7,1	1,53E+14	5,0E+09	3,1E+04	*250*
200 anos	6,0	1,28E+14	4,2E+09	3,1E+04	*262*

1.6.8 TRANSFORMIDADE DA PERCOLAÇÃO EFETIVA

A Tr da percolação foi calculada pela alocação da porcentagem da Em da chuva para formar este fluxo, com posterior aplicação da equação 115, para as diferentes unidades de medida deste fluxo (Tabela 85 e 86).

TABELA 84. Cálculo da Tr da percolação efetiva (seJ/kg).

Tr da Percolação					
Idade do fragmento	Percolação[1] (%)	Em da chuva[2] (seJ/ha.ano)	Percolação (kg/ha.ano)	Tr Percolação (seJ/kg)	Ref.
		2,14E+15			
0 ano	11,5	2,46E+14	1,6E+06	1,5E+08	*215*
07 anos	22,0	4,71E+14	3,1E+06	1,5E+08	*227*
25 anos	35,6	7,61E+14	5,0E+06	1,5E+08	*239*
75 anos	49,6	1,06E+15	7,0E+06	1,5E+08	*251*
200 anos	59,0	1,26E+15	8,4E+06	1,5E+08	*263*

TABELA 85. Cálculo da Tr da percolação efetiva (seJ/J).

Tr da Percolação					
Idade do fragmento	Percolação[1] (%)	Em da chuva[2] (seJ/ha.ano)	Percolação (J/ha.ano)	Tr Percolação (seJ/J)	Ref.
		2,14E+15			
0 ano	11,5	2,46E+14	8,1E+09	3,1E+04	*216*
07 anos	22,0	4,71E+14	1,5E+10	3,1E+04	*228*
25 anos	35,6	7,61E+14	2,5E+10	3,1E+04	*240*
75 anos	49,6	1,06E+15	3,5E+10	3,1E+04	*252*
200 anos	59,0	1,26E+15	4,1E+10	3,1E+04	*264*

1.6.9 TRANSFORMIDADE DA ÁGUA DA NASCENTE

A Tr da água que aflora na nascente foi calculada pela equação 115, dividindo-se a Em da água que entra pelo lençol freático pelas diferentes unidades de medida deste fluxo (Tabela 87 e 88).

TABELA 87. Cálculo da Tr da água da nascente (seJ/kg).

Tr da Água da nascente.					
Idade do fragmento	Vazão[c] (kg/ano)	Em da água do lençol freático (seJ/ano)	Água do lençol (kg/ha.ano)	Tr da água do lençol (kg/ha.ano)	Ref.
0 ano	0,0	0,00E+00	0,0E+00	#DIV/0!	217
07 anos	0,0	0,00E+00	0,0E+00	#DIV/0!	229
25 anos	7812633,6	1,88E+12	7,8E+06	2,4E+05	241
75 anos	32603904,0	7,82E+12	3,3E+07	2,4E+05	253
200 anos	0,0	0,00E+00	0,0E+00	#DIV/0!	265

TABELA 88. Cálculo da Tr da nascente (seJ/J).

Tr da Água da nascente.					
Idade do fragmento	Vazão[c] (kg/ano)	Em da água do lençol freático (seJ/ano)	Água do lençol (J/ha.ano)	Tr da água do lençol (J/ha.ano)	Ref.
0 ano	0,0	0,00E+00	0,0E+00	#DIV/0!	218
07 anos	0,0	0,00E+00	0,0E+00	#DIV/0!	230
25 anos	7812633,6	1,88E+12	3,9E+10	4,8E+01	242
75 anos	32603904,0	7,82E+12	1,6E+11	4,8E+01	254
200 anos	0,0	0,00E+00	0,0E+00	#DIV/0!	266

1.6.10 TRANSFORMIDADE DA EROSÃO DO SOLO

A Tr da erosão do solo foi calculada, primeiramente, de acordo com os trabalhos usuais de emergia, onde a Tr da erosão do solo reflete os valores de MO do solo erodido (Tabela 89 e 90). Para todos os cálculos a serguir foi utilizada a equação 115.

TABELA 89. Cálculo da Tr da erosão relativa ao estoque de MO (seJ/kg).

Tr da Erosão do solo relativa aos estoques de MO (seJ/kg).								
Idade do fragmento	Erosão do solo (kg/ha.ano)	Densidade média do solo (kg/m^3)	m^3/ha no perfil de 0,4 m	Solo (kg/ha)	Σ da Em do estoque de MO do solo (seJ/uni.)	Tr do solo (seJ/kg de solo)	Ref.	Em da erosão (seJ/ha.ano)
0 ano	77.070	1.610	4.000	6.440.000	9,30E+13	1,4E+07		1,1E+12
07 anos	2.211	1.346	4.000	5.382.400	4,37E+15	8,1E+08		1,8E+12
25 anos	634	1.173	4.000	4.690.600	2,33E+16	5,0E+09		3,2E+12
75 anos	249	956	4.000	3.823.200	9,62E+16	2,5E+10		6,3E+12
200 anos	159	573	4.000	2.293.000	5,54E+17	2,4E+11		3,8E+13

TABELA 90. Cálculo da Tr da erosão relativa ao estoque de MO (seJ/J).

Tr da Erosão do solo relativa aos estoques de MO (seJ/J).								
Idade do fragmento	Erosão do solo (J/ha.ano)	Solo (kg/ha)	Matéria orgânica[4] (%)	Solo (J/ha)	Σ da Em do estoque de MO do solo (seJ/uni.)	Tr do solo (seJ/J de solo)	Ref.	Em da erosão (seJ/ha.ano)
0 ano	1,5E+12	6.440.000	0,9	1,3E+14	9,30E+13	7,3E-01		1,1E+12
07 anos	7,4E+10	5.382.400	1,5	1,8E+14	4,37E+15	2,4E+01		1,8E+12
25 anos	2,9E+10	4.690.600	2,0	2,1E+14	2,33E+16	1,1E+02		3,2E+12
75 anos	4,1E+10	3.823.200	7,3	6,3E+14	9,62E+16	1,5E+02		6,3E+12
200 anos	8,0E+10	2.293.000	22,3	1,2E+15	5,54E+17	4,8E+02		3,8E+13

Os valores encontrados na Tabela 89 e 90 não refletem o dano causado pela erosão do solo do sistema com 0 ano, pois este sistema é pobre em MO quando comparado aos demais sistemas; nessa lógica, a Em da erosão do sistema com 200 anos é maior por causa do seu maior estoque de MO, mesmo que o volume ou massa de solo perdido na erosão seja menor que a do sistema com 0 ano.

Buscando-se representar melhor o valor de solo perdido pelo processo erosivo, foi elaborada a Tabela 91 e 92, que levam em consideração todos os estoques biológicos e minerais do solo erodido, avaliados nas Tabelas de Avaliação Emergética dos Estoques.

TABELA 91. Cálculo da Tr da erosão relativa aos estoque biológicos e minerais (seJ/kg).

Tr da Erosão do solo relativa aos estoques biológicos (seJ/kg).								
Idade do fragmento	Erosão do solo (kg/ha.ano)	Densidade média do solo (kg/m^3)	m^3/ha no perfil de 0,4 m	Solo (kg/ha)	Σ da Em dos estoques de solo (seJ/uni.)	Tr do solo (seJ/kg de solo)	Ref.	Em da erosão (seJ/ha.ano)
0 ano	77.070	1.610	4.000	6.440.000	2,11E+14	3,3E+07		2,5E+12
07 anos	2.211	1.346	4.000	5.382.400	1,36E+16	2,5E+09		5,6E+12
25 anos	634	1.173	4.000	4.690.600	6,57E+16	1,4E+10		8,9E+12
75 anos	249	956	4.000	3.823.200	2,55E+17	6,7E+10		1,7E+13
200 anos	159	573	4.000	2.293.000	1,34E+18	5,8E+11		9,3E+13

TABELA 92. Cálculo da Tr da erosão relativa aos estoque biológicos e minerais (seJ/J).

Tr da Erosão do solo relativa aos estoques biológicos (seJ/J).								
Idade do fragmento	Erosão do solo (J/ha.ano)	Solo (kg/ha)	Matéria orgânica[4] (%)	Solo (J/ha)	Σ da Em dos estoques de solo (seJ/uni.)	Tr do solo (seJ/J de solo)	Ref.	Em da erosão (seJ/ha.ano)
0 ano	1,5E+12	6.440.000	0,9	1,3E+14	2,11E+14	1,7E+00		2,5E+12
07 anos	7,4E+10	5.382.400	1,5	1,8E+14	1,36E+16	7,5E+01		5,6E+12
25 anos	2,9E+10	4.690.600	2,0	2,1E+14	6,57E+16	3,1E+02		8,9E+12
75 anos	4,1E+10	3.823.200	7,3	6,3E+14	2,55E+17	4,0E+02		1,7E+13
200 anos	8,0E+10	2.293.000	22,3	1,2E+15	1,34E+18	1,2E+03		9,3E+13

O cálculo da Tabela 91 e 92 apesar de melhorar a representatividade do valor da erosão ainda apresentam maiores valores para o sistema com 200 anos, devido aos maiores estoques biológicos e minerais (nutrientes) que o solo deste sistema apresenta.

Mediante uma reflexão de quais elementos são perdidos pela erosão do solo, optou-se por avaliar também as concentrações de argila dos sistemas de estudo, quantificadas pela análise física do solo. Com estes valores foi elaborada a Tabela 93, para calcular a Em relativa ao estoque sedimentar de argila dos sistemas, componente do solo que também é perdido com os processos erosivos.

TABELA 93. Cálculo da Em da argila do solo dos sistemas de estudo (seJ/kg).

Em do solo relativa ao estoque sedimentar (seJ/kg).				
Idade do fragmento	Argila (%)	kg/argila	Tr Argila (Odum, 1996)	Em da argila
0 ano	36	2.318.400	2,0E+12	4,6E+18
07 anos	28	1.507.072	2,0E+12	3,0E+18
25 anos	31	1.454.086	2,0E+12	2,9E+18
75 anos	31	1.185.192	2,0E+12	2,4E+18
200 anos	36	825.480	2,0E+12	1,7E+18

Feito este cálculo, foi elabora a Tabela 94 e 95 para calcular a Tr do solo a partir dos estoques biológicos, minerais e sedimentares.

TABELA 94. Cálculo da Tr do solo (seJ/kg).

Tr da Erosão do solo relativa aos estoques biológicos, mineral e sedimentar (seJ/kg).								
Idade do fragmento	Erosão do solo (kg/ha.ano)	Densidade média do solo (kg/m^3)	m^3/ha no perfil de 0,4 m	Solo (kg/ha)	Σ da Em dos estoques de solo (seJ/uni.)	Tr do solo (seJ/kg de solo)	Ref.	Em da erosão (seJ/ha.ano)
0 ano	77.070	1.610	4.000	6.440.000	4,64E+18	7,2E+11	*221*	5,5E+16
07 anos	2.211	1.346	4.000	5.382.400	3,03E+18	5,6E+11	*233*	1,2E+15
25 anos	634	1.173	4.000	4.690.600	2,97E+18	6,3E+11	*245*	4,0E+14
75 anos	249	956	4.000	3.823.200	2,62E+18	6,9E+11	*257*	1,7E+14
200 anos	159	573	4.000	2.293.000	2,99E+18	1,3E+12	*269*	2,1E+14

TABELA 95. Cálculo da Tr do solo (seJ/J).

Tr da Erosão do solo relativa aos estoques biológicos, mineral e sedimentar (seJ/J).								
Idade do fragmento	Erosão do solo (J/ha.ano)	Solo (kg/ha)	Matéria orgânica[4] (%)	Solo (J/ha)	Σ da Em dos estoques de solo (seJ/uni.)	Tr do solo (seJ/J de solo)	Ref.	Em da erosão (seJ/ha.ano)
0 ano	1,5E+12	6.440.000	0,9	1,3E+14	4,64E+18	3,6E+04	*222*	5,5E+16
07 anos	7,4E+10	5.382.400	1,5	1,8E+14	3,03E+18	1,7E+04	*234*	1,2E+15
25 anos	2,9E+10	4.690.600	2,0	2,1E+14	2,97E+18	1,4E+04	*246*	4,0E+14
75 anos	4,1E+10	3.823.200	7,3	6,3E+14	2,62E+18	4,1E+03	*258*	1,7E+14
200 anos	8,0E+10	2.293.000	22,3	1,2E+15	2,99E+18	2,6E+03	*270*	2,1E+14

Desta forma obteve-se um resultado que representasse a Em perdida pelos sistemas, onde a quantidade de Em perdida no sistema com 0 ano é maior que a erodida pelo sistema com 200 anos. Esta avaliação demonstra que o baixo valor mássico erodido dos sistemas com fragmentos florestais em processo de sucessão natural secundária é menor que a Emergia depositada pela serapilheira; desta maneira, não foi considerado como uma perda dos sistemas florestados e sim como um produto de qualidade para os ecossistemas vizinhos; para o sistema com 0 ano, a quantidade mássica é alta e sua qualidade é baixa, visto a baixa concentração de MO e nutrientes presentes, assim este sistema é considerado como um causador de danos, visto a quantidade de material erodido que é depositado em nos ecossistemas vizinhos.

1.6.11 TRANSFORMIDADE DA RIQUEZA DE ESPÉCIES VEGETAIS E DOS NÍVEIS TRÓFICOS

No Folio #3 (Brown e Bardi, 2001), Orrell (1998) calculou a Transformidade da Riqueza de Espécies de Árvores de um ecossistema florestal do Norte da Flórida Central de acordo com a Equação 127.

$$Tr = \frac{\text{Emergia da transpiração} \times \text{ha do sistema estudado}}{\text{Total de espécies de árvores}} = \frac{\text{seJ}}{\text{espécie}} \qquad \text{[eq. 127]}$$

Nesta equação, a Emergia da Transpiração, extraída de Odum (1996), foi multiplicada pela área (ha) do estudo e o total de espécies de árvores foi obtido por um levantamento desta mesma área. Os valores que foram empregados na Equação 127 não correspondem à realidade biofísica e bioquímica do bioma Mata Atlântica; para o presente estudo estes valores foram modificados (equação 128) com o objetivo de calcular esta transformidade para o total de espécies vegetais do bioma Mata Atlântica, como segue na Tabela 96.

TABELA 96. Transformidade da riqueza de espécies vegetais do Bioma Mata Atlântica.

Tr da riqueza de espécies de árvores da Mata Atlântica.			
Espécies da Mata Atlântica[1]	Emergia da chuva[2] (seJ)	ha de Mata Atlântica no Brasil[3]	Tr da riqueza vegetal[4] (seJ/espécie)
20000	2,4E+15	130.600.000	1,6E+19
		Ref.	272

[1]Número total de espécies de plantas da Mata Atlântica = 20000 (RBMA, 2010);

[2]Valor calculado nas TABELAS de Avaliação Emergética;

[3]Domínio da Mata Atlântica no Brasil é de 15% (1.306.000 km^2) segundo dados da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica – RBMA (2010) (http://www.rbma.org.br/anuario/mata_02_dma.asp acessado em 27/08/2010).

$$Tr = \frac{\text{Emergia da chuva} \times 130.600.000 \text{ ha}}{20.000 \text{ espécies}} = \frac{1{,}6E{+}19 \text{ seJ}}{\text{espécie}} \qquad \text{[eq. 128]}$$

Com o objetivo de gerar discussão a cerca do valor da riqueza de espécies, foi desenvolvida mais duas possibilidades de cálculo para o valor da riqueza das espécies vegetais das áreas de estudo. Na Tabela 97 a Tr foi calculada em relação ao seu trabalho realizada na captação de recursos externos para o sistema e na Tabela 98 a Tr foi calculada em relação a produção dos estoques internos de cada sistema.

TABELA 97. Transformidade das espécies vegetais em relação à captação de recursos.

Tr das espécies vegetais relativa ao trabalho anual da riqueza.				
Área	Entrada de Em/ha.ano	Riqueza de espécies vegetais das áreas de estudo	Tr da riqueza vegetal (seJ/espécie)	Ref.
0	6,4E+15	1	6,4E+15	273
7	8,7E+15	55	1,6E+14	274
25	9,9E+15	62	1,6E+14	275
74	1,1E+16	99	1,1E+14	276
200	1,5E+16	129	1,1E+14	277

TABELA 98. Transformidade das espécies vegetais em relação à produção dos estoques.

Tr das espécies vegetais relativa a produção dos estoques.				
Área	Σ da Em/ha dos estoques	Riqueza de espécies vegetais das áreas de estudo	Tr da riqueza vegetal (seJ/espécie)	Ref.
0	7,0E+15	1	7,0E+15	*278*
7	4,3E+16	55	7,9E+14	*279*
25	1,6E+17	62	2,5E+15	*280*
74	5,4E+17	99	5,4E+15	*281*
200	1,9E+18	129	1,5E+16	*282*

Odum (1996) postula que apenas 10% da energia são incorporadas ao longo da cadeia trófica. Como a emergia é a mesma, seja por unidade mássica ou unidade energética, optou-se por desenvolver um cálculo para estimar o valor dos níveis tróficos dos sistemas estudados em relação à capacidade de suporte dos produtores avaliados neste estudo.

A Tabela 99 contém o valor mássico dos produtores estimados neste estudo; 10% desse valor mássico foram alocados para os consumidores primários e destes 10% para os consumidores secundários e destes 10% para os consumidores terciários.

TABELA 99. Biomassa dos níveis tróficos dos sistemas de estudo (kg/ha).

Biomassa dos níveis tróficos relativo ao estoque dos produtores (kg/ha).				
Área	Biomassa dos produtores (P)	Biomassa de consumidores primários (C1)	Biomassa de consumidores secundários (C2)	Biomassa de consumidores terciários (C3)
0	33.540	3.354	335	34
7	146.200	14.620	1.462	146
25	519.590	51.959	5.196	520
75	1.133.520	113.352	11.335	1.134
200	1.191.950	119.195	11.920	1.192

A Tabela 100 contém a Emergia dos produtores, esta que não foi alocada ou subdivida entre os diferentes níveis tróficos; esta Emergia foi considerada a mesma para todos os níveis, visto que cada nível é dependente da mesma Emergia dos produtores.

TABELA 100. Emergia dos níveis tróficos dos sistemas de estudo (seJ/ha).

Em dos níveis tróficos (seJ/nível trófico).				
Área	Em P	Em C1	Em C2	Em C3
0	3,4E+15	3,4E+15	3,4E+15	3,4E+15
7	2,6E+16	2,6E+16	2,6E+16	2,6E+16
25	8,5E+16	8,5E+16	8,5E+16	8,5E+16
75	2,7E+17	2,7E+17	2,7E+17	2,7E+17
200	5,4E+17	5,4E+17	5,4E+17	5,4E+17

Os cálculos da Tr foram feitos na Tabela 101 com o emprego da equação 115, onde a Emergia do nível trófico foi dividida pela massa do nível trófico. Estes cálculos possibilitaram a valoração dos níveis tróficos dos sistemas de estudo, apresentados nas quatro Tabelas de Avaliação Emergética dos níveis tróficos no item resultados e discussão deste estudo.

TABELA 101. Transformidade dos níveis tróficos dos sistemas de estudo.

Tr dos níveis tróficos (seJ/kg) de acordo com Odum (1996).				
Área	Tr dos P (seJ/kg)	Tr dos C1 (seJ/kg)	Tr dos C2 (seJ/kg)	Tr dos C3 (seJ/kg)
0	1,0E+11	1,0E+12	1,0E+13	1,0E+14
Ref.	*283*	*288*	*293*	*298*
7	1,8E+11	1,8E+12	1,8E+13	1,8E+14
Ref.	*284*	*289*	*294*	*299*
25	1,6E+11	1,6E+12	1,6E+13	1,6E+14
Ref.	*285*	*290*	*295*	*300*
75	2,4E+11	2,4E+12	2,4E+13	2,4E+14
Ref.	*286*	*291*	*296*	*301*
200	4,5E+11	4,5E+12	4,5E+13	4,5E+14
Ref.	*287*	*292*	*297*	*302*

Os números de todas as referências das transformidades (Ref.) indicam onde ela foi calculada, podendo ser localizada no software.

1.7 CÁLCULO DO EMDÓLAR

O emdólar (Em$) é obtido através da razão emergia/dinheiro, onde a emergia contabiliza todas as fontes energéticas usadas pelo sistema natureza-economia humana do país em determinado ano, e o dinheiro é o produto nacional bruto (PNB) expresso em dólares na taxa média anual. Em Odum (1996) e Sweeney et al. (2006) encontram-se os valor do emdólar para diversos países. Para este estudo foi empregada a equação 129 (Coelho et al. ,2003 e Agostinho, 2005) para calcular o Emdólar de 2010 para o Brasil. Esta equação gerou o valor de 2,89 E+12 seJ/US$ que foi utilizado neste trabalho. No software, este valor pode ser alterado nas abas das Tabelas de Avaliação Emergética para realizar novas análises e comparar resultados.

$$\frac{\text{Emergia}}{\text{dólar}} = \frac{248 + 878{,}16 * e^{\frac{-(2010-1981)}{9{,}49}}}{100} = 2{,}89[\text{seJ/US\$}].10^{12} \qquad \text{[eq. 129]}$$

ANEXO 2

CD-ROM - Software com o modelo LEIA 0-200 Versão 19.17.13.06

O Software pode ser baixado no site do Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada da UNICAMP no seguinte endereço:
http://www.unicamp.br/fea/ortega/em-folios/software/leia0-200.xls