

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ROÇA CAIÇARA: DINÂMICA DE NUTRIENTES, PROPRIEDADES  
FÍSICAS E FAUNA DO SOLO EM UM CICLO DE CULTURA**

ROGÉRIO FERREIRA DA SILVA

Sob orientação do professor  
Eduardo Lima

e a co-orientação dos Professores  
Rogério Ribeiro de Oliveira  
Maria Elizabeth Fernandes Correia

Tese submetida como requisito parcial à  
obtenção do grau de *Magister Scientiae* em  
Agronomia. Área de concentração em  
Ciência do Solo.

Seropédica, Rio de Janeiro  
Julho/1998

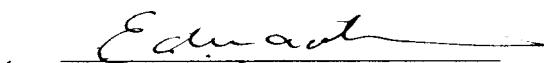
**ROÇA CAIÇARA: DINÂMICA DE NUTRIENTES, PROPRIEDADES  
FÍSICAS E FAUNA DO SOLO EM UM CICLO DE CULTURA**

**ROGÉRIO FERREIRA DA SILVA**

Aprovada em: 24/07/98

Banca examinadora:

Eduardo Lima  
(UFRRJ/Departamento de Solos)



Rogério Ribeiro de Oliveira  
(FEEMA/Dep. de Plan. Ambiental)



Gabriel de Araújo Santos  
(UFRRJ/Departamento de Solos)



...e a terra brasileira velha cansada  
perdeu a agilidade fértil da força jovem  
e hoje, sábia como nunca  
fica a nos ensinar o que somos  
onde andamos... onde devemos andar....

**Schaefer, 1995**

Aos meus pais, Ramão e Rosa.  
Aos meus irmãos Nega, Vishy, Mimi, Ruck e Tenó.  
Ao restante da minha família  
A minha namorada Claudia (Cau)  
A todos os meus professores, especialmente *in memorium* a "Giselle  
e Sebastião" e todos seus familiares

**Dedico.**

Quero prestar homenagem a um casal que graças a sua bondade, aqui estou vencendo mais uma batalha sofrida.

Entre nós é privilégio de poucos, ter conhecido este casal sempre gentil, alegre, protetor, de estatura física baixa mas de grande estatura moral. Grande símbolo de experiência de vida. Eles estarão sempre na nossa memória e principalmente no meu coração. Estou reverenciando a memória do casal Sebastião e Giselle.

Homenagem

## AGRADECIMENTOS

Ao nosso senhor bom Deus pelo seu amor. Nos melhores e piores momentos da vida

Aos meus pais pelo seu amor e os primeiros ensinamentos da vida

Ao casal amigo "Giselle e Sebastião" (*in memorium*) e seus familiares por ter me acolhido com carinho, amor e por ter iluminado os caminhos que precisei tomar para estar hoje aqui.

A Engenheira Agrônoma Cláudia Maria Villar Caldeira pelo seu amor, paciência e incentivo nos piores momentos durante a realização deste trabalho.

As pessoas e instituições que me ajudaram direta e indiretamente a realizar este trabalho. Pelas possíveis omissões de alguma coisa, gostaria de expressar minhas sinceras desculpas e agradecer pela compreensão.

Ao Professor Eduardo Lima pela orientação, incentivo e sugestões durante o curso.

Ao amigo e co-orientador Rogério R. Oliveira pela orientação e acompanhamento dos suores derramadas para a realização deste trabalho.

A Professora Maria Elizabeth Fernandes Correia pela oportunidade de trabalhar sob sua co-orientação, pela infra-estrutura oferecida, pelas sugestões e apoio durante a condução do expetimento referente a fauna edáfica.

Ao Professor Paulo Guilherme pelo seu incentivo, sugestões constantes e auxílio na análise estatística.

Ao amigo Paulo Roberto Ferreira Souza pelo companheirismo e convivência durante a realização deste trabalho.

Aos amigos e colegas conquistados antes, durante e depois da pós-graduação pela convivência e apoio nos piores e melhores momentos durante a etapa da realização deste curso.

Aos todos os amigos terênas da aldeia cachoeirinha, apesar de não saberem o que está acontecendo, por me esperarem sempre de braços abertos para matar a saudade da aldeia maravilhosa

A FEEMA pela permissão de trabalhar na Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul e aos funcionários desta instituição.

Ao povo do Aventureiros, especialmente, ao casal Vovô e Lúcia, que com a sua paciência, sabedoria e apoio possibilitou a execução deste trabalho.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela possibilidade de realização do Curso de Mestrado em Agronomia, com área de concentração em Ciência do Solo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Solos da UFRRJ pelo incentivo, apoio constante e convívio alegre durante o curso.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Rogério Ferreira da Silva, filho de Rodrigues Ferreira da Silva e Rosa Evaristo da Silva, nasceu em Jaciara (MT), em 07 de novembro de 1969.

Em fevereiro de 1987, iniciou o curso profissionalizante em Técnico Agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá-MT, concluindo-o em dezembro de 1989.

Em 1995 obteve-se o título de Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Em março de 1996, iniciou o curso de Mestrado em Ciência de Solo, na UFRRJ, concluindo com a defesa de tese, em julho de 1998, as exigências para obtenção do título de *"Magister Scientiae"*.

## ÍNDICE GERAL

### **Resumo**

### **Abstract**

<b>1- INTRODUÇÃO</b>	01
<b>2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	07
2.1- Ciclagem de nutrientes	08
2.1.1- Aspectos gerais da ciclagem	08
2.1.2- Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais	11
2.2- Vegetação secundária	13
2.2.1- A serapilheira e a ciclagem de nutrientes	14
2.2.2- Fatores que atuam no acúmulo de serapilheira	16
2.2.3- Decomposição da serapilheira	16
2.3- Os solos de regiões tropicais e subtropicais	18
2.3.1- As características químicas	19
2.3.2- As características físico-hídricas	22
2.3.2.1- Precipitação e interceptação	22
2.3.2.2- Espaço poroso do solo	33
2.3.2.3- Infiltração da água no solo	25
2.3.2.4- Água no solo	27
2.3.3- Matéria orgânica e biota do solo	28
2.3.3.1 - Matéria orgânica e sua decomposição	28
2.3.4- Fauna do solo	30
2.3.4.1- Caracterização da fauna	33
2.3.4.2- Processos biológicos da fauna do solo	36
2.5- A agricultura itinerante	40
2.5.1- Sistemas de manejos e seus impactos	41
2.6- Roça caicara como agricultura sustentável	44

<b>3- MATERIAL E MÉTODOS</b>	48
3.1 - Localização e caracterização da área de estudo	<b>48</b>
3.1.1- Clima	<b>50</b>
3.1.2- Geologia e relevo	<b>50</b>
3.1.3- Vegetação	<b>52</b>
3.1.4- Agricultura	<b>53</b>
3.2- Caracterização geral da área	<b>53</b>
3.3- Modelo	<b>54</b>
3.3.1- Forma, tamanho e distribuição das parcelas de amostragem	<b>54</b>
3.3.2- Caracterização da vegetação da área de estudos	<b>55</b>
3.2.1- Caracterização da estrutura	<b>55</b>
3.3.1.2- Medição e amostragem da vegetação	<b>56</b>
3.3.3- Avaliação da serapilheira na superfície do solo	<b>56</b>
3.3.4- Avaliação da massa e conteúdo da cinza após a queimada	<b>57</b>
3.3.5- Amostragem de solo	<b>57</b>
3.3.6- Avaliação de infiltração de água no solo	<b>57</b>
3.3.7- Avaliação da fauna edáfica	<b>58</b>
3.4- Análises de laboratório	<b>58</b>
3.4.1- Análises de solo	<b>59</b>
3.4.2- Análise do material vegetal e cinza	<b>41</b>
3.4.3- Análise da fauna edáfica	<b>62</b>
3.4.4- Colheita da cultura e amostragem	<b>63</b>
3.5- Análise estatística	<b>43</b>
<b>4- RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>65</b>
4.1- Inventário das espécies	<b>65</b>
4.2- Densidade	<b>67</b>
4.3- Estoque de fitomassa e bioelementos	<b>69</b>
4.3.1- Fitomassa	<b>69</b>
4.3.2- Concentração de bioelementos	<b>71</b>

4.4- Reservas de bioelementos da vegetação secundária	74
4.5- Composição das cinzas	77
4.6- Solos	78
4.6.1- Propriedades físicas	78
4.6.2- Dinâmica dos nutrientes no solo	87
4.7- Fauna edáfica	99
4.7.1- A comunidade de macroartópodos edáficos	99
4.7.1.1- Composição	99
4.7.1.2- Distribuição vertical	102
4.7.1.3- Variação sazonal	106
4.7.2- O impacto da roça sobre a comunidade de macroartópodos	110
4.7.2.1- Comparaçāo da comunidade de macroartópodos segundo os estágios da roça	111
4.8- Balanço de nutrientes na utilização tradicional da vegetação secundária com aplicāo de queima e roça	116
4.8.1- Reservas orgānicas e minerais nos sítios estudados de vegetação secundária	116
4.8.2- Contribuição nutricional da cinza pela queima da biomassa da vegetação secundária	117
4.8.3- Reservas orgānicas e minerais no agroecossistema caiçara após a instalação da primeira cultura	120
4.9- Produtividade da cultura	123
5- CONCLUSÕES	123
7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125

## ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1- Ciclagem de nutrientes em um ecossistema florestal nos trópicos	<b>10</b>
Figura 2- Esboço esquemático da formação de solos em condições úmidas tropicais, de um modo geral (Silva, 1996).	21
Figura 3- Classificação com base no diâmetro corporal da fauna do solo	33
Figura 4- Representação esquemática dos fluxos de nutrientes num ecossistema de floresta secundária e agricultura itinerante.	47
Figura 5- Mapa de localização da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul Ilha Grande Rio de Janeiro.	49
Figura 6- Precipitação média mensal da estação meteorológica da RBEPS e de Angra dos Reis.	51
Figura 7- Perfil do solo onde foi montado o ecossistema agrícola caiçara na RBEPS.	52
Figura 8- Distribuição relativa de matéria orgânica e dos elementos P, K, Ca e Mg por compartimento de vegetação secundária.	76
Figura 9- Porcentagem de argila e areia numa profundidade de 0-6 cm ao longo do perfil topográfico (F = floresta secundária e R= roça).	80
Figura 10- Velocidade de infiltração instantânea e infiltração acumulada em função do tempo em ecossistema de floresta secundária e roça	86
Figura 11- Dinâmica de fósforo e potássio no solo até 30 cm de profundidade, em floresta secundária e roça.	90
Figura 12- Dinâmica de cálcio e magnésio no solo até 30 cm de profundidade. em floresta secundária e roça.	92
Figura 13- Dinâmica comparativa da fertilidade do solo- pH: soma de bases: valor T e saturação de bases até 30 cm de profundidade no ecossistema de floresta secundária e roça.	94
Figura 14- Dinâmica de alumínio e porcentagem de C-orgânico no solo até 30 cm de profundidade em floresta secundária e roça.	96

Figura 15- Distribuição vertical dos grupos fímcionais no solo e serapilheira em diferentes épocas no ecossistema de floresta secundária.	105
Figura 16- Quantidade de serapilheira em diferentes épocas sob ecossistema de floresta secundária.	106
Figura 17- Variação sazonal das densidades dos grupos funcionais da fauna edáfica. diferentes épocas. em ecossistema de floresta secundária.	108
Figura 18- Diagrama relativo aos valores médios das funções discriminantes (Z1 e Z2) para as variáveis grupos funcionais avaliadas em quatros etapas sob o ecossistema de floresta secundária.	109
Figura 19- Riqueza da comunidade dos macroartrópodos edáficos em diferentes épocas: sob o ecossistema de floresta secundária.	110
Figura 20- Densidades dos grupos funcionais da fauna edáfica sob diferentes estágios de uma roça caiçara: Ilha Grande RJ.	113
Figra 21- Diagrama relativo aos valores médios das funções discriminantes (Z1 e Z2) para as variáveis grupos funcionais avaliadas em quatros etapas sob dois ecossistemas- floresta secundária e roça.	115

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Espécies e famílias encontradas na Área de estudo de floresta atlântica secundária na RRFPS.	66
Tabela 2- Número e riqueza de espécies por família amostradas na área de estudo de floresta atlântica secundária na RBEPS.	66
Tabela 3- Número de parcelas em que se constatou a presença de espécies	67
Tabela 4- Abundâncias absolutas e relativas das famílias por hectare.	68
Tabela 5- Abundâncias absolutas e relativas das espécies por hectare.	68
Tabela 6- Fitomassa total absoluta e relativa das famílias por hectare em floresta atlântica secundária na RBEPS.	70
Tabela 7- Fitomassa total absoluta e relativa das espécies por hectare divididos em compartimentos.	70
Tabela 8- Concentração de bioelementos do material foliar das espécies encontradas na área do estudo.	73
Tabela 9- Concentração de bioelementos nos galhos finos das espécies encontradas na área do estudo.	72
Tabela 10- Concentração de bioelementos nos galhos grossos das espécies encontradas na área do estudo.	73
Tabelas 11- Concentração de bioelementos nos troncos das espécies encontradas na área do estudo.	73
Tabela 12- Reserva de matéria orgânica e macroelementos na área estudada de vegetação secundária, diferenciadas por compartimentos.	75
Tabela 13- Composição química da biomassa da floresta secundária e das cinzas produzidas pela queima da sua parte aérea e da serapilheira.	77
Tabela 14- Principais características físicas do solo, 0-6 cm de profundidade em dois sistemas (floresta secundária e roça): na Ilha Grande.	81
Tabela 15- Diâmetro médio ponderado e estabilidade em água de agregados maiores e menores de 2 mm de um mesmo solo, 0-6 cm de profundidade na RBEPS.	83

Tabela 16- Infiltração acumulada (1) infiltração estabilizada (K <sub>o</sub> ) e parâmetros da equação de infiltração (I=kT <sup>n</sup> ) em solo sob dois ecossistemas	84
Tabela 17- Principais características químicas do solo em dois sistemas na Ilha Grande, litoral sul do estado do Rio de Janeiro	98
Tabela 18- Número total de indivíduos coletados e de grupos taxonômicos presentes nas frações da comunidade edáfica- subdivida em grupos funcionais. numa floresta secundária e roça caiçara.	100
Tabela 19- Número de indivíduos coletados e porcentagem das diferentes ordens de macroartrópodos numa floresta secundária e roça caiçara.	101
Tabela 20- Porcentagem dos diferentes grupos funcionais de macroartrópodos e umidade encontrados no solo e serapilheira. em diferentes épocas- no ecossistema de floresta secundária (96/97).	104
Tabela 21- Médias e distribuição de grupos fisionomias de macroartrópodos edáficos no ecossistema floresta secundária.	108
Tabela 22- Médias e distribuição de grupos funcionais e nº de ordens de macroartrópodos edáficos sob diferentes estágios de um agroecossistema caiçara.	112
Tabela 23- Reservas orgânicas e minerais nos sítios de vegetação secundária	117
Tabela 24- Estoque relativo de matéria orgânica e nutrientes no agroecossistema caiçara após a queima da biomassa da vegetação secundária e sua conversão em cinzas.	118
Tabela 25- Produção e acúmulo de nutrientes da vegetação secundária e sua conversão em cinzas, com respectivas perdas.	120
Tabela 26- Reserva de matéria orgânica e nutrientes no agroecossistema caiçara após 70 dias do plantio e após a colheita da cultura.	121
Tabela 27- Balanço do acúmulo de matéria orgânica e nutrientes em dois ecossistemas com respectivas perdas.	121
Tabela 28- Acúmulo de matéria orgânica e nutrientes no solo sob ecossistema de floresta secundária e roça caiçara, com respectivas perdas e/ou ganhos.	122

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1- Subdivisão da comunidade de artrópodos em unidades funcionais.	35
Quadro 2- Atividade exercidas pela micro-meso e macrofauna do solo. na decomposição do material orgânico.	38

# ÍNDICE DO APÊNDICE

## Fotos

Foto 1- Vegetação secundária aproximadamente 5 anos. visto em primeiro plano	153
Foto 2- Aspecto da área após a derrubada da vegetação secundária.	153
Foto 3- Fase inicial da queima da vegetação secundária visto em primeiro	154
Foto 4- Aspecto da área após a queima da vegetação secundária (1º etapa da roça caiçara)	154
Foto 5- Aspecto da área na fase inicial da cultura do feijão (2º etapa da roça caiçara).	155
Foto 6- Aspecto da área na fase meado da cultura do feijão (3º etapa da roça caiçara).	155
Foto 7- Aspecto da área após a colheita da cultura do feijão (4º etapa da roça caiçara)	156

## Tabelas

Tabela 29- Análise granulométrica de solo (0-6 cm de profundidade sob o ecossistema de floresta secundária e roça caiçara	157
Tabela 30- Macroartópodos coletados na floresta secundária (solo-serrapilheira) no mês de dezembro/96 (antes da derrubada).	158
Tabela 31- Macroartópodos coletados na floresta secundária (solo-serrapilheira) no mês de fevereiro/97	159
Tabela 32- Macroartópodos coletados na floresta secundária (solo-serrapilheira) no mês de abril/97	160
Tabela 33- Macroartópodos coletados na floresta secundária (solo-serrapilheira) no mês de maio/97	161
Tabela 34- Macroartópodos coletados no agoecossistema caiçara (solo-serrapilheira) no mês de fevereiro/97 (antes do plantio)	162

Tabela 35- Macroartópodos coletados no agroecossistema caiçara (solo -serrapilheira) no mês de abril/97 (meado da cultura).	163
Tabela 36- Macroartópodos coletados no agroecossistema caiçara (solo-serrapilheira) no mês de maio/97 (após a colheita).	164
Tabela 37- Produção e acúmulo de matéria orgânica e nutrientes na área de ecossistema e vegetação secundária e agroecossistema caiçara, diferenciadas por compartimento na RBEPS.	165
Tabela 38- Produção da cultura de feijão (por parcela) em um agroecossistema caiçara na RBEPS.	165

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo instalar e manejar uma roça de subsistência de acordo com a cultura caiçara afim de avaliar a fitomassa e a concentração dos nutrientes nos principais compartimentos (solo, serapilheira, tronco, galhos e folhas) de uma vegetação secundária a contribuição das espécies da vegetação secundária na formação do estoque de nutrientes da roça; as consequências do fogo na fauna edáfica e nas propriedades físicas e químicas do solo; a produtividade de uma cultura no primeiro ano de cultivo da roça caiçara bem como o balanço de nutrientes no sistema proposto.

Para tanto foram realizados estudos qualitativos e quantitativos da composição da vegetação secundária nova na faixa de 5 anos, que apresentava uma área de aproximadamente 640 m<sup>2</sup>, localizada na Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande - RI). Além destes, foram analisados quantitativamente e quimicamente a serapilheira e a cinza produzida pela queima da biomassa da vegetação. Foram estudadas também as propriedades físicas e químicas do solo e a fauna edáfica durante todos os estágios da roça (floresta, antes do plantio, meado da cultura e após a colheita).

Na área da vegetação secundária foram encontradas 16 espécies de plantas pertencentes a 10 famílias numa densidade de 4750 ind.ha<sup>-1</sup>. A fitomassa total da vegetação e da serapilheira foi de 64,27 e 5,16 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A ordem relativa da concentração de nutrientes nas plantas foi folha, galho fino, galho grosso e tronco. Não houve diferença significativa entre a floresta e a roça caiçara para textura, densidades, porosidade e estabilidade dos agregados. No entanto, a velocidade de infiltração de água no solo da roça mostrou-se significativamente menor do que na floresta. Quanto aos parâmetros de fertilidade, não houve diferença significativa entre solo sob roça e floresta nos valores de pH, carbono orgânico, Ca,

Mg, S% e V%. Apenas os teores de P e K foram significativamente diferentes. Em relação a fauna edáfica verificou-se que no ecossistema da roça houve uma queda de 90 % na densidade dos grupos, bem como uma redução na riqueza dos mesmos, de 25 para 16 grupos, em relação aos encontrados na floresta.

Após um ciclo de cultura constataram-se perdas de matéria orgânica, P, K, Ca e Mg no sistema. A produtividade de grãos obtida foi superior à produtividade média regional e nacional.

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis was to start and to manage a shifting cultivation according to the old native culture with the purpose of evaluating the phytomass and the nutrients concentration in the main compartment (soil, litter, bole, branch and leaves) of secondary vegetation; the consequences of fire in the edaphic fauna and the physical and chemical properties of the soil; the productivity of a culture in the first year of the shifting cultivation, as well as the nutrients balance in the proposed system.

Studies were done to establish quality and quantity in the composition of a five year old secondary vegetation which presented an area of approximately 640  $m^2$  situated in the Reserva Biologica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, R.J.) The litter and ashes produced by the burning vegetation were analyzed quantitatively and chemically. Studies were done to establish the physical and chemical properties of the soil and edaphic fauna during the different stages of shifting cultivation (forest, pre planting, mid culture and post harvest).

In the secondary vegetation area we founded sixteen plant species belonging to ten families in a density of  $4750 \text{ ind.ha}^{-1}$ . The total vegetation phytomass and litter was 64,27 and  $5,16 \text{ t.ha}^{-1}$ . The relative order in the nutrient concentration in the plants was leaf, thin branch, thick branch and bole. There were no significant differences between the forest and shifting cultivation in texture, density, porosity and stability of the aggregates. There were not significant differences between the soil under the forest and the soil under the shifting cultivation in the following values: pH, organic carbon, Ca, Mg, S% and V%. Only P and K contents were significantly different. As far as the edaphic fauna we verified that in the shifting cultivation system there was a 90% fall in group density as well as a reduction in richness from 25 to 16 groups from the ones found in forest.

After one cycle of culture we proved a loss of organic matter, P, K, Ca and Mg in the system. The grain productivity was superior to the average regional and national productivity.

## 1- INTRODUÇÃO

A exuberância e a diversidade das florestas tropicais sempre despertaram a curiosidade de naturalistas, botânicos e outros pesquisadores (Jordan, 1982). Atualmente, há grande preocupação com os aspectos ecológicos das florestas tropicais úmidas, especialmente das que se desenvolvem em solos de baixa fertilidade natural. Assim, a rápida conversão das florestas tropicais em áreas de produção, implica na necessidade de estudos quantitativos a curto prazo sobre o ciclo de nutrientes, cujos resultados poderão auxiliar na solução dos problemas do manejo do solo.

As regiões tropicais brasileiras parecem ter como característica geral o seu uso moldado por práticas de agricultura de subsistência, que, em grande parte é feita de forma itinerante (derrubada, plantio e pousio). Conhecida também como agricultura nômade (*shifting cultivation*) é a mais extensiva do mundo, apresentando numerosas denominações próprias como *milpa* na América Central, *conuco* no Caribe, roça de toco em numerosos pontos do Brasil e *burara* no sul da Bahia (Valverde, 1995). Nos estados do Amazonas e no sudeste brasileiro também são conhecidas por *roça de toco* ou *coivara*. Entre a população caiçara estudada, é conhecida simplesmente por *roçinha de toco*.

O fogo é uma ferramenta fundamental para este tipo de cultura. Trata-se de uma ferramenta barata e adequada aos propósitos da regeneração da floresta

(Raison, 1980). A essência da agricultura nômade consiste na abertura de um trato de floresta, sua secagem e posterior incendeamento. Os nutrientes minerais da vegetação são em parte remobilizados e se tornam disponíveis para a vegetação sob a forma de cinzas. Após um determinado número de colheitas (determinado pelo estoque de nutrientes do solo), a produtividade sofre um decréscimo, sendo então abandonada para um descanso (pousio), em que a floresta secundária coloniza a área.

Se o pousio for muito curto, uma degradação local pode acontecer e a produtividade declina. Se for muito longo, o sistema se torna impraticável, devido à grande extensão de terra necessária, além do aumento das dificuldades inerentes à limpeza do terreno (Ewel, 1976). No caso particular da Ilha Grande, parece haver um número máximo de espécies desejáveis, que, ultrapassado, não traria retorno palpável à fertilidade do solo e tornaria mais dispendioso energeticamente o manejo. Como se pode ver, a capoeira passa a fazer parte integrante do ciclo agrícola, seja pela incorporação de nutrientes ao solo ou pelo manejo das espécies pela população (Oliveira & Coelho Neto, 1996).

A roça caiçara não apresenta qualquer novidade em relação aos sistemas assemelhados que são conhecidos de longa data no interior do país e trata-se de uma herança indígena, como o próprio nome *coivara indica*. Este método de plantio é baseado na derrubada e queima da mata. Após o plantio na área por um certo período de tempo (cerca de três anos no caso particular da roça caiçara da Ilha Grande), esta é abandonada quando ocorre a redução de produtividade provavelmente devido à diminuição dos teores de nutrientes disponíveis. Por cerca de 4 ou mais anos, o terreno é abandonado e se processa no local uma sucessão ecológica, com o aparecimento de uma capoeira ou *tingüera*, como é chamado no local este tipo de formação secundária. Após este período, a capoeira emergente pode ser derrubada e queimada para novo plantio. O pousio é, portanto, uma prática

integrante a esta técnica e que consiste em se permitir o crescimento de uma capoeira com vistas à recuperação do solo exaurido pelo cultivo.

O preparo do solo para o plantio é iniciado com a derrubada da mata ou capoeira existente no local. Após algumas semanas é ateado fogo a esta vegetação, com o cuidado anterior da abertura de aceiros. O fogo é ateado na parte da manhã, quando a temperatura do solo ainda é baixa. Pelo fato da galhada se encontrar espalhada por todo o terreno, o fogo passa geralmente rápido pelo solo, não ocorrendo um prejuízo maior à estrutura ou à biota do mesmo. A perda de umidade após a passagem do fogo nos primeiros 5 cm do solo foi calculada em menos de 20% o que segundo Oliveira et al. (1995) reduziria o impacto sobre a fauna do solo.

Após uma primeira queimada, o material remanescente é reunido em montes (as coivaras) para um segundo fogo. O local onde é feita a coivara é mais rico em cinzas, e portanto mais fértil, sendo geralmente utilizado para espécies mais exigentes, como melancia e inhame (Schimidt, 1958). Um detalhe importante é que as queimadas são feitas nos meses de maio a julho. Justamente nesta época são de menor ocorrência as chuvas fortes, sendo mais freqüentes os sistemas frontais, que se caracterizam por chuvas prolongadas, de intensidade média a fraca. A incorporação das cinzas ao solo é mais intensa neste período do que sob o regime de chuvas torrenciais, quando a erosão e a consequente lixiviação são mais intensos. Por outro lado, a utilização do plantio direto (a não utilização de maquinário que revolve o solo) permite, em conjunto com os restos do sistema radicular da capoeira anterior, uma redução significativa da taxa de erosão do solo.

Ecossistemas agrícolas que se baseiam neste sistema constituem-se, essencialmente de dois subsistemas consecutivos: a fase de cultivo com culturas de plantas úteis e a fase de vegetação secundária ou fase de pousio. Neste período, ocorre uma regeneração natural, a qual tem papel fundamental na recuperação da produtividade da área, antes desta ser novamente utilizada na agricultura. Segundo Ewel (1976) a restauração da fertilidade que ocorre no período de pousio é feita em

grande parte pelo retorno da matéria orgânica e nutrientes para a superfície do solo via produção e subsequente decomposição da serapilheira.

A função da vegetação secundária consiste em acumular na fitomassa, para a fase de cultivo subsequente, nutrientes a serem oportunamente liberados através da queima. Além disso, também destina-se a controlar as plantas daninhas instaladas durante a fase de cultivo. O período em que a área permanece sob pousio é preponderante para a sustentabilidade do sistema.

Uma grande proporção dos nutrientes nas florestas tropicais está incorporada na fração orgânica do solo (Jordan, 1991). Essa fração é freqüentemente um reservatório para todos os nutrientes. Assim, a perda da fertilidade natural dos solos tropicais úmidos tem como principal causa a redução da matéria orgânica do mesmo. A sua perda causa sérios problemas na estrutura do solo, disponibilidade de água, atividade biológica e prejudica o suprimento de enxofre, fósforo e principalmente de nitrogênio às plantas trazendo como consequência a redução da produtividade do sistema. Este processo é mais intenso em áreas de declividade acentuada, onde, além da decomposição natural da matéria orgânica, há perdas pela remoção da parte superficial do solo, por erosão.

A agricultura itinerante tem como característica principal justamente o manejo da matéria orgânica no solo e dos nutrientes contidos na fitomassa da capoeira na fase de pousio, o que garante a manutenção da sua produtividade - pelo menos nos níveis esperados - sem a adição de nutrientes de origem externa ao sistema. A auto-sustentabilidade deste sistema, capoeira, está baseada na sua eficiência em capturar nutrientes atmosféricos, o que é feito por meio da serapilheira, raízes superficiais (Oliveira & Coelho Neto, 1996), funcionando como filtro ou “resina iônica” (Clevelario, 1988) e pelas folhas. Os estudos convencionais e reducionistas feitos em laboratórios, por biólogos, agrônomos, especialistas em solos, podem ajudar a explicar os efeitos dos componentes que fazem parte desse agroecossistema.

A avaliação das técnicas e dos sistemas agrícolas itinerantes apresenta opções para aprimoramento no sentido de ajustar os sistemas às condições ambientais específicas para minimizar os impactos ambientais ocorridos, ou que estejam por ocorrer. Entretanto, as características dos ecossistemas naturais podem ser usadas como base de planejamento de sistemas agrícolas sustentáveis. O sistema deve ser planejado e manejado de forma que o agroecossistema conserve ou acumule nutrientes, resista às forças de erosão, de lixiviação e assegure uma reciclagem continua da biomassa. Os mecanismos naturais de acumulação de nutrientes são a cobertura vegetal continua, camada de cobertura morta sobre o solo, sincronia das atividades microbianas e vegetais, grandes heterogeneidades das estruturas radiculares (Woudmansee, 1984).

O estudo da agricultura tradicional não é algo novo. Nos últimos anos, tem surgido numerosas descrições detalhadas dos diferentes modelos tradicionais de subsistência em diversas comunidades agrícolas (Meggers, 1977; Sánchez, 1981 e Silva, 1996). Muitas ainda carecem de informações em diversos dos seus aspectos, embora se tenham conhecimentos esparsos de impactos ambientais causadas pelos mesmos. Devido ao desenvolvimento da agricultura moderna, a qual se caracteriza por recomendações tecnológicas, tem-se ignorado a heterogeneidade ambiental, cultural e sócio-econômico da agricultura tradicional (Harwood, 1990). O estudo completo da agricultura itinerante pode fornecer subsídios para a questão da sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Whitmore, 1990).

Com base nas considerações apresentadas, o presente trabalho teve como objetivo instalar e manejar uma roça de subsistência de acordo com a cultura caiçara a fim de se avaliar:

- A fitomassa e a concentração dos nutrientes nos principais compartimentos (solo, serapilheira, tronco, galhos e folhas) de uma vegetação secundária (aproximadamente 5 anos);

- A contribuição das espécies de vegetação secundária na formação do estoque de nutrientes da roça;
- As conseqüências do fogo na fauna edáfica e nas propriedades físicas e químicas do solo;
- A produtividade de uma cultura no primeiro ano de cultivo da roça caiçara;
- O balanço de nutrientes no sistema proposto.

## **2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Estima-se que, em todo o mundo, cerca de 1,1 milhão de hectares de florestas tropicais, secundárias e energéticas sejam destruídas anualmente ou seriamente degradadas pela expansão agropecuária. Em função da forte pressão da expansão agrícola, o ecossistema do trópico úmido tem sofrido rápido processo de desmatamento (Baena, 1983).

O acentuado aumento da população dos países tropicais, do nível de consumo e a pressão mundial por novas fontes de matérias-primas tem provocado uma desordenada ocupação de áreas de floresta intertropical (Myers, 1983; Gomez-Pompa & Burley, 1991). A necessidade de produção de alimentos para atendimento da demanda gerada pelo crescimento populacional é uma questão que vem sendo amplamente discutida. Considera-se que os problemas ambientais dos países em desenvolvimento são devidos, em grande medida, à exploração excessiva da terra, à ampliação das áreas cultivadas e ao desmatamento (Alexandratos, 1988).

A floresta tropical é um ecossistema que apresenta baixos estoques de nutrientes no solo, sendo sustentado através da sua ciclagem, portanto, dando indícios de que a maior parte desses estoques esteja concentrado na vegetação. Segundo Jansen (1973) a sobrevivência e a elevada produtividade das florestas

tropicais úmidas em solos pobres são garantidas pela eficiente ciclagem e acumulação dos nutrientes mais escassos nas fitomassas viva e morta do sistema.

A floresta tropical apresenta durante o período chuvoso, fatores climáticos elevados. E devido às condições climáticas desses sistemas há o favorecimento de uma atividade intensa dos organismos do solo, os quais disponibilizam nutrientes para as plantas a partir da rápida decomposição do material vegetal depositado na superfície do solo, portanto, esse material não se acumula e os organismos do solo são agentes responsáveis pela ciclagem dos nutrientes

## **2.1 - Ciclagem de nutrientes**

### **2.1.1 - Aspectos gerais da ciclagem**

A ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais (figura 1) refere-se ao processo de absorção dos minerais pelas plantas, translocação interna entre os tecidos vegetais e transferências desses elementos, acumulados na biomassa vegetal, novamente para o solo, a atmosfera e a hidrosfera, se tornando disponíveis para serem absorvidos, formando um ciclo essencial para manutenção da vida no planeta (Andrade, 1997). Esse processo de transferência envolve basicamente dois ciclos: um externo, denominado geoquímico, que trata da passagem dos nutrientes para dentro e para fora do ecossistema, e um interno ou biológico, que corresponde à ciclagem no interior do ecossistema (Pritchett, 1979). Na ciclagem geoquímica, as principais vias de entrada de nutrientes são a atmosfera, o intemperismo e a fixação biológica de nitrogênio, e as principais vias de saídas de nutrientes são a lixiviação, volatilização, denitrificação, erosão e exportação de produtos vegetais (Haag, 1985).

No primeiro momento, tem-se a ciclagem de um pequeno reservatório de nutrientes originados da degradação rápida dos componentes dos tecidos das plantas

e dos animais e em seguida ocorre a ciclagem do reservatório comparativamente maior de nutrientes, constituído por materiais orgânicos mais resistentes, que incluem substâncias húmicas relativamente estáveis. No reservatório ativo e rápido os nutrientes podem ser reciclados 8 a 10 vezes por ano pelas células microbianas, enquanto que no reservatório lento os nutrientes podem ser reciclados uma vez a cada período de 10 a 100 anos (Coleman et al., 1983).

A decomposição é um processo essencialmente biológico. Os microrganismos utilizam os detritos como substrato alimentar do qual obtém energia. Eles são responsáveis diretos por 75-99% da respiração do solo (Persson, 1989) e desempenham um papel fundamental na redução dos materiais de difícil degradação e na formação de estoques orgânicos (Seastedt & Crossley, 1984). Cada elemento tem um ciclo diferente envolvendo muitos organismos e sistemas enzimáticos. Estão constantemente sendo reciclados através do corpo de plantas e animais, retornando ao solo, sendo quebrados e absorvidos pelas plantas novamente. Em termos de suprimento de nutrientes, pode-se dizer que um ecossistema é aproximadamente auto-suficiente. Uma das mais importantes razões para esta autonomia é a continua ciclagem de elementos químicos entre os organismos e o ambiente.

Os organismos que atuam na ciclagem rápida dos nutrientes do reservatório ativo suprem a maioria das necessidades das plantas. Segundo Lee (1994) esses organismos atuam na ciclagem de nitrogênio e de fósforo, embora muito pouco se saiba sobre o papel deles na ciclagem de outros elementos. É fundamental a compreensão da função desses organismos na fertilidade do solo para melhor entendimento do comportamento dos ecossistemas, principalmente em nosso ambiente, onde se encontra uma alta diversidade de vegetação com solos altamente intemperizados e lixiviados. A riqueza química encontra-se ligada à vegetação: o alto nível de produção vegetal está intimamente relacionado à rápida circulação de seu relativamente pequeno reservatório de nutrientes (Resende et al., 1995).

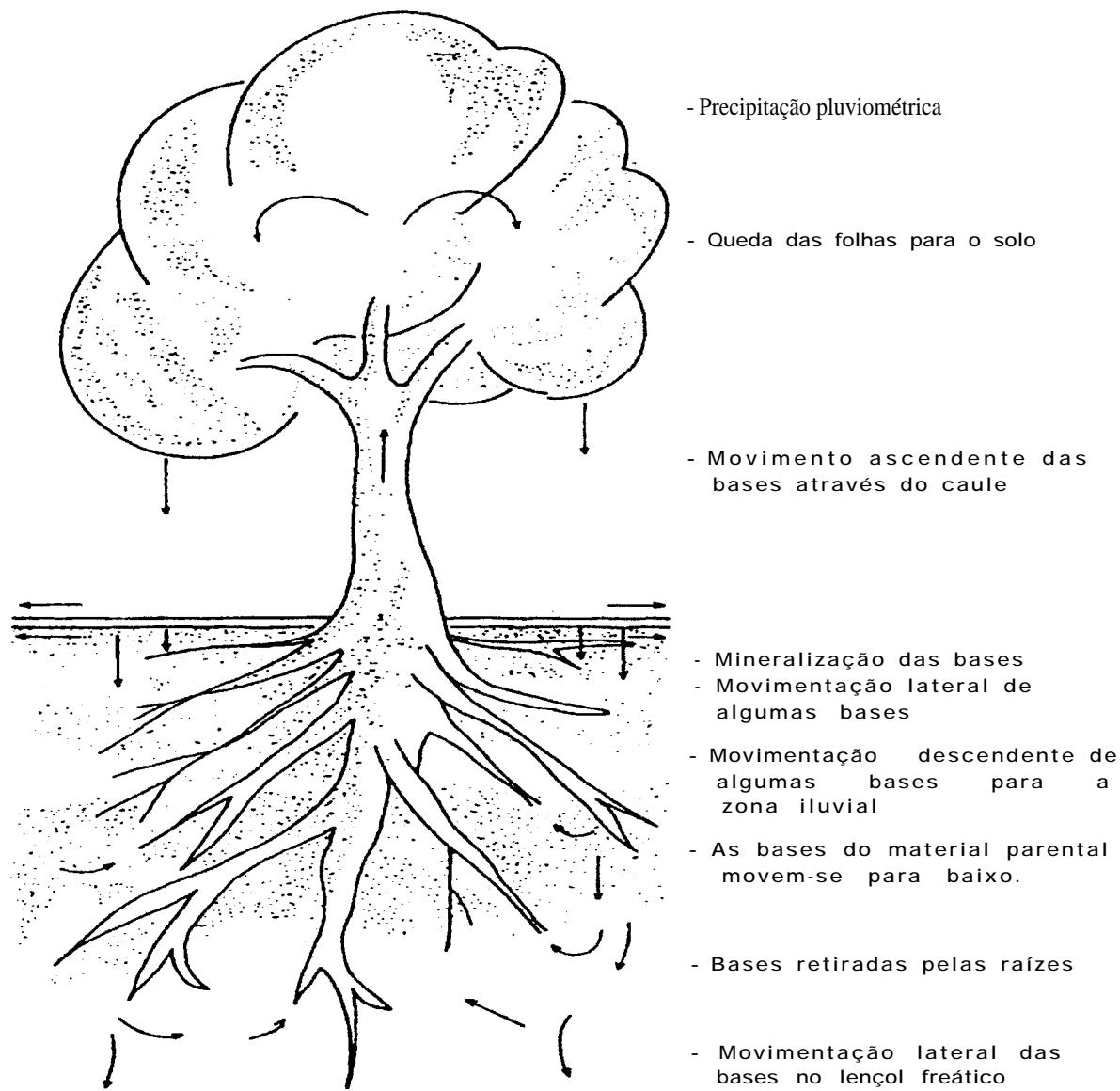


Figura 1 - Ciclagem de nutrientes em um ecossistema florestal nos trópicos (adaptado de Silva, 1996).

### 2.1.2 - Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais

As condições climáticas tropicais favorecem uma alta taxa de produção e decomposição de materiais vegetais e uma atividade erosiva intensa. Em ecossistemas florestais tropicais, a maior parte dos nutrientes está retida na biomassa vegetal, sendo ciclado através da decomposição da serapilheira e posterior reabsorção pelas plantas (Anderson & Swift, 1983). Este processo constitui-se um dos principais fatores responsáveis pela manutenção da sustentabilidade desses sistemas (Haag, 1985). Ou seja, uma floresta natural em clímax caracteriza-se por apresentar, em geral, uma ciclagem de nutrientes bastante equilibrada no que diz respeito ao balanço entre a entrada de nutrientes via precipitação e a saída de nutrientes via deflúvio.

As altas temperaturas e umidades reinantes durante todo ano favorecem uma elevada e continua atividade biótica e, portanto, maior produtividade e, consequentemente, maior circulação de nutrientes entre vegetação e o solo (Jordan, 1983). Os microrganismos do solo exercem papel fundamental na nutrição das plantas, através dos fixadores biológicos de nitrogênio, dos fungos micorrízicos e mesmo dos que atuam indiretamente, liberando nutrientes através da decomposição da matéria orgânica do solo ou de outros microrganismos mortos (Lopes et al., 1984). Yang & Insam (1991) também consideram a biomassa microbiana fundamental à retenção dos nutrientes no solo das florestas tropicais. As chuvas constituem importante fonte de nutrientes para os ecossistemas terrestres e aquáticos. As florestas, agindo como barreiras, interceptam partículas atmosféricas as quais são depositadas nas folhas e ramos, e posteriormente lavadas pelas chuvas. Além disso, as chuvas removem nutrientes exsudados pelas plantas. A quantificação desses processos, ou seja do transporte de nutrientes das copas das árvores pela água da chuva, representa, portanto, importante aspecto da ciclagem de nutrientes em um dado ecossistema (Miranda et al., 1995).

Num ecossistema florestal, além dos componentes bióticos, o solo é um componente abiótico importante, especialmente com suas características físicas, químicas, e biológicas cuja interação é decisiva em sua fertilidade. Por sua vez, este interage intensamente com a respectiva cobertura vegetal, que na sua decomposição cria os micro-ambientes necessários à humificação e reciclagem dos nutrientes destinados às novas gerações de plantas. No entanto, o ciclo de nutrientes é praticamente fechado, cuja continua decomposição do material orgânico com uma pequena perda por lixiviação permite o desenvolvimento de uma floresta luxuriante, sem sintomas aparentes de deficiências nutricionais, em solo de baixa fertilidade natural (Demattê, 1988).

O teor dos elementos químicos é devido, em parte, à quantidade desses elementos nos vegetais, que depende por sua vez da própria natureza da planta e dos elementos químicos encontrados nas camadas profundas do solo. Assim, a quantidade de elementos trocáveis existente na camada superficial do solo se deve à penetração das raízes nas zonas mais profundas. O sistema radicular, que pode penetrar a profundidades consideráveis, retira daí os elementos necessários ao desenvolvimento da sua parte aérea. Após a morte de alguns de seus tecidos, o processo de decomposição transforma as substâncias complexas em componentes simples, que vão enriquecer a camada superficial do solo. Portanto, em condições naturais, os principais fatores que interferem na ciclagem de nutrientes são o clima, a composição das espécies vegetais, o status sucesional da floresta e a fertilidade do solo (Vitousek & Sanford, 1986).

Assim sendo, podemos considerar que a ciclagem de nutrientes é um processo fundamental para manter sistemas tradicionais de agricultura itinerante. Durante os longos períodos de pousio entre curtos ciclos de culturas, os nutrientes se acumulam na vegetação da floresta secundária e, através da derrubada e queima, são retomados ao solo repondo nutrientes exportados pelos cultivos (Greenland, 1975).

Ao longo do tempo, a floresta secundária vai adquirindo estruturas de uma floresta madura, com o desenvolvimento de uma eficiente ciclagem de sais minerais, que permite não só a reutilização dos mesmos, como também a incorporação de novos aportes ao sistema. Como se dá na maioria dos ecossistemas tropicais localizados em solos pobres em nutrientes, as entradas atmosféricas de nutrientes (chuvas, poeiras) representam uma importante fonte para o sistema.

Dentre as estruturas desenvolvidas pela capoeira para captura de sais minerais provenientes da chuva, destaca-se o desenvolvimento de uma malha de raízes finas superficiais que, emaranhada com a camada de serapilheira (folhas e galhos caídos sobre o solo) funciona como uma espécie de resina iônica ou filtro, que absorve estes nutrientes, incorporando-os ao sistema sob a forma de biomassa (Clevelário, 1988 e Oliveira & Coelho Neto, 1996). Esta camada, na Amazônia, é capaz de reter 99,5% do cálcio proveniente das chuvas (Star-k & Jordan, 1978). Portanto, o desenvolvimento desta estrutura de ciclagem (raízes + serapilheira) é fundamental para a incorporação de nutrientes exteriores ao sistema solo-planta e favorece a recolonização do solo pela fauna edáfica.

## **2.2 - Vegetação secundária**

Na costa brasileira, os ecossistemas de floresta atlântica sofreram perdas intensas devido ao desmatamento, sendo que, atualmente, restam apenas 5% de floresta atlântica, dos quais não mais de 2% correspondem à floresta nativa. As florestas secundárias resultantes da ação antrópica representam assim uma parte não desprezível dos restos florestais. Porém, quase nada se conhece sobre estes fragmentos florestais notadamente com respeito ao seu estado de degradação e a potencialidade de reconstituição dos ecossistemas nativos (Kindel et al., 1995). A fisionomia atual da mata atlântica se deve em grande parte à presença da agricultura de subsistência desde longa época (Oliveira & Coelho Neto, 1996).

Pode-se considerar a vegetação secundária como parte da sucessão ecológica a partir da perturbação da floresta, devido à extração seletiva de espécies arbóreas de alto valor econômico e/ou ao uso agrícola do solo. No caso da agricultura itinerante, o processo não chega ao estadio final potencial da sucessão, já que a vegetação secundária é um elemento integrante do sistema tradicional de cultivo. As suas reservas orgânicas e minerais encontram-se localizadas na fitomassa da vegetação, distribuídas nos compartimentos dos troncos, folhas, ramos, raízes e, de acordo com a estrutura e aspectos ecológicos da floresta, na camada de folhedo e no próprio solo (Meggers, 1977).

### **2.2.1 - A serapilheira e a ciclagem de nutrientes**

Os fragmentos orgânicos, ao caírem sobre o solo, formam uma camada denominada de serapilheira, que compreende folhas, caules, frutos, flores, bem como restos de animais e material fecal (Golley, 1978) e tem sido considerada o principal agente responsável pela ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais tropicais (Haag, 1985 e Poggiani et al., 1987). Segundo Pritchett (1986), ela é a característica distintiva dos solos florestais e contribui consideravelmente para a proteção da superfície do solo contra temperaturas e umidades extremas, contra o impacto das chuvas e outras formas de erosão, além de aumentar a infiltração de água no solo. Protegendo o solo contra o impacto direto das gotas, também redistribui melhor a água da chuva (Miranda, 1992) e é a principal responsável pela manutenção dos ecossistemas tropicais (Jordan, 1982).

Boa parte da biota, que corresponde aos artrópodos do solo, ou seja, toda parte biológica responsável pela Trituração de matéria orgânica, está concentrada na camada de serapilheira. Os organismos vivos que a habitam participam de modo ativo no ciclo dos nutrientes, atuando na mineralização da fração orgânica e na imobilização da fração mineral. Os microrganismos por sua vez, para seus processos

biológicos, realizam a síntese de enzimas, as quais podem ser excretadas diretamente para o ambiente do solo ou a ele são liberadas após a morte e lise da parede celular. Dessa forma, é a associação entre a fauna de solo e microrganismos, que promove uma eficiente decomposição e ciclagem. Graças à maior disponibilidade de radiação luminosa, calor e água nos trópicos ocorre uma rápida ciclagem dos nutrientes (Lal, 1987).

Alguns dos mais importantes mecanismos de conservação de nutrientes em florestas tropicais não alteradas são fungos micorrízicos que transferem os nutrientes diretamente do folhado e da fração orgânica em decomposição para as raízes (Janos, 1983); a concentração de raízes perto ou na superfície do solo, onde nutrientes em solução podem ser absorvidos antes de ser lixiviados para camadas inferiores (Jordan & Escalante, 1980); uma biomassa de raízes relativamente grande que explora efetivamente os horizontes do solo ricos em nutrientes (Chapin, 1980).

De acordo com Odum (1969) e Moran (1990), essa biomassa de raízes, tem papel fundamental no controle da erosão e na captura, conservação e ciclagem dos nutrientes. A malha de serapilheira e de raízes superficiais constituem um filtro ou “resina iônica” que promove a captura de nutrientes provenientes da água da chuva que atravessa a copa das árvores (Stark & Jordan, 1978, Clevélio, 1988 e Jordan, 1991), como também controla os fluxos superficiais de água e promove o seu estoque. Essas raízes também secretam substâncias que estimulam a vida do solo, que por sua vez, torna disponíveis os nutrientes que serão absorvidos pelas plantas (Lal, 1987).

Quando a floresta é derrubada e queimada para sua exploração intensiva e os mecanismos de conservação dos nutrientes são destruídos, experiências desastrosas têm sido reportadas para a Amazônia, quando se promove a substituição da floresta de terra firme por pastagens ou monocultivos. O potencial para elevados índices de perda de nutrientes, que seria reduzido na floresta nativa e intocada, sofre um incremento com a derrubada e queima da floresta. No entanto, isso não ocorre no

sistema agrícola caiçara, devido à preocupação com a recuperação e reposição do ecossistema através de mecanismos biológicos (pousio). Portanto, a estratégia de ciclagem de nutrientes em florestas secundárias parece ser a sua acumulação pela vegetação, retorno pela queda da serapilheira, acompanhada de uma rápida ciclagem e absorção pelas raízes, tudo isto se dando em curtíssimo prazo (Brown & Lugo, 1990).

### **2.2.2 - Fatores que atuam no acúmulo de serapilheira**

Vários fatores atuam na formação da serapilheira, ou seja, as taxas de deposição de serapilheira, o clima, o solo, as características genéticas das plantas, a idade do povoamento florestal, a densidade de plantas e o estágio de maturação do ecossistema (Haag, 1985). Das variáveis climáticas, a precipitação e a temperatura são as que exercem maior influência. A distribuição das chuvas ao longo do ano influencia a taxa de deposição, verificando-se uma maior taxa de deposição no período seco (Peres et al., 1983). Segundo Oliveira (1987) o déficit hídrico no solo tem maior relação com a produção de serapilheira que o déficit atmosférico.

### **2.2.3 - Decomposição da serapilheira**

Ao nível de ecossistema, a ciclagem de nutrientes é determinada pela quantidade de nutrientes que entra, pela quantidade retida na biomassa, pelas taxas de decomposição dos diferentes componentes da serapilheira e da matéria orgânica do solo (Haag, 1985), pela taxas de imobilização e mineralização de nutrientes e pela absorção dos nutrientes (Cuevas & Medina, 1996).

O mecanismo da decomposição é regulado pela natureza da comunidade decompositora (macro e microrganismos), pelas características do material orgânico (qualidade do material) e pelas condições físico-químicas do meio ambiente, as

quais são controladas pelo clima e pelas características edáficas do sítio (Lekha & Gupta, 1989). Esta decomposição pode ser dividida em três processos básicos: lixiviação (remoção do material solúvel pela água da chuva), intemperismo (ruptura mecânica dos detritos) e ação biológica (fragmentação gradual e oxidação do detritos pelos organismos vivos). Estes processos se iniciam quando o tecido vegetal se forma e continua por toda a sua vida (Haag, 1985). A decomposição do material varia durante o ano com as estações climáticas, ou seja, varia bastante com as estações do ano, mantendo sua natureza lábil ou disponível (Spycher et al., 1993), crescendo das regiões frias para as tropicais (Lima, 1987). Peres et al., (1983) observaram maiores taxas de decomposição de serapilheira em períodos mais secos.

O tempo de permanência dos nutrientes estocados na serapilheira depende da velocidade de decomposição desse material, a qual varia de uma forma mais ampla de acordo com a latitude, altitude (Andrade, 1997) e o conteúdo químico e estrutural da serapilheira (Andrade, 1997 e Silva & Resck, 1997). As liteiras com maior concentração de nutrientes apresentam maior velocidade de decomposição (Lugo et al., 1990).

A taxa de decomposição está diretamente correlacionada com a densidade e diversidade dos decompositores, que varia de acordo com as estações do ano. Muitos estudos demonstraram que redução dos microartrópodos resulta em retardamento da taxa de decomposição da serapilheira e altera a dinâmica dos nutrientes na serapilheira em decomposição (Seasdt & Crossley, 1983; Blair et al., 1992). Como por exemplo, o N contido na serapilheira necessita ser mineralizado para poder ser aproveitado novamente pelos componentes do sistema. O P orgânico também requer a ação de microrganismos decompositores para se tornar disponível. Este processo é influenciado pelas condições ambientais e mineralogia do solo.

Em geral, o P liberado é imediatamente fixado na fração mineral, ao contrário do que acontece com o N, sendo que é muito pouco provável que o processo mineralização/imobilização resulte em imobilização líquida de P da

solução (Siqueira & Franco, 1988). A ciclagem dos outros elementos como K, Ca, Mg e micronutrientes é também influenciada pelos microrganismos decompositores, sendo que grandes quantidades destes elementos são liberados, em forma iônica, pela simples destruição física na decomposição, devido não estarem fortemente ligados aos compostos orgânicos vegetais, e não sofrem reações oxi-redução, como ocorre com o N, P e S.

A fase inicial do ataque microbiano é caracterizada pela perda rápida de substâncias orgânicas prontamente disponíveis. Os organismos envolvidos são conhecidos como decompositores, redutores ou saprófitos. Mason (1985), define o detrito orgânico ou serapilheira como todos os tipos de material biogênico em vários estádios de decomposição e representa uma fonte potencial de energia para todas as espécies consumidoras. O estágio final da decomposição é caracterizado pela decomposição gradual de partes mais resistentes da planta, tal como lignina, para a qual actinomicetos e fungos representam um papel maior. A taxa de decomposição da liteira é bem correlacionada com o teor de lignina inicial e com a relação C/N do material (Meentemeyer, 1978). A velocidade global de decomposição da serapilheira dependerá, portanto, da proporção relativa dos diferentes componentes.

### **2.3 - Os solos de regiões tropicais e subtropicais**

O solo é composto de partículas sólidas, água, elementos gasosos, humus e matéria orgânica bruta, e constitui o ambiente natural de uma grande variedade de seres vivos (Buckman & Brady, 1967). A vida do solo inclui a sua flora e a sua fauna (microfauna, mesofauna, macrofauna e megafauna). Esses organismos cumprem um papel fundamental em vários processos para a manutenção da produtividade dos ecossistemas através da sua influência sobre a fertilidade do solo (Swift, 1996), interferindo na decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes.

O solo é um complexo inter-relacionado com a comunidade dos microrganismos, que o influenciam, sendo porém em parte determinados por parâmetros químicos e físicos (Kennedy & Smith, 1995). Os processos físicos químicos e biológicos que se conhecem no solo são fortemente influenciados pelo clima, pela vida vegetal e pelas atividades humanas. Para que haja uma produtividade satisfatória deve se ter clareza como esses processos são influenciados e como podem ser manipulados. Como exemplo, o teor de matéria orgânica pode ser profundamente alterado sob influência da atividade biológica cujos reflexos poderão afetar o “status” de nutrientes no solo (Sa, 1993). Em solos mais intemperizados, a matéria orgânica tem maior participação nos fenômenos de atividade superficial dos seus constituintes.

Segundo Melo et al. (1990) os solos de regiões tropicais são altamente intemperizados, com a predominância de minerais de argila de grade 1:1 e oxihidróxidos de Fe e Al, com baixa capacidade de troca catiônica, onde a matéria orgânica do solo assume grande importância. A figura 2 mostra o esboço esquemático, de um modo geral, da formação do solo tropical úmido.

### 2.3.1- As características químicas

No solo a fertilidade constitui-se numa combinação da fertilidade mineralógica com a fertilidade biológica (Lee, 1994). Segundo Malavolta (1976) fertilidade é a capacidade do solo fornecer os nutrientes essenciais em quantidades e proporções adequadas durante todos os períodos de desenvolvimento da planta.

A concentração de nutrientes na solução de solos tropicais é extremamente baixa, devido à dissociação do ácido carbônico, que é produto derivado da respiração dos decompõsitos microbianos e raízes das plantas superiores, em  $H^+$  e  $HCO_3^-$ , que causa substituição de cations e ânions como  $Ca^{++}$ ,  $K^+$  e  $NO_3^-$  nas superfícies das partículas coloidais do solo, por outros, como  $H^+$  e

$\text{OH}^-$  sem nenhum valor nutricional (Jordan, 1985). Este fato, associado à grande quantidade de chuva destas regiões e às características físicas dos solos, que permitem drenagem elevada, resulta em maior mobilidade dos nutrientes no perfil e arraste para maiores profundidades. Em condições naturais de precipitação e permeabilidade da água no solo, a translocação do Ca ocorre preferencialmente na forma  $\text{Ca}^{++}$  ou com ligantes que formam complexos fracos. Os ligantes com alta constante de estabilidade têm maior afinidade para Fe, Al, Cu e Mn do solo, alterando cargas da superfície de troca do solo (Ziglio et al., 1995). No entanto, a solução do solo é mais dinâmica e sensível à ação de agentes biológicos, hidrológicos e geológicos, do que o próprio solo (Miranda et al., 1995).

A maioria dos solos tropicais são ácidos isto é, apresentam pH médio ao redor ou inferior a 5,0. Nessas condições, a atividade biológica de organismos livres ou daqueles que vivem em simbiose com leguminosas é reduzida. O alto grau de intemperismo e o meio ácido destes solos resultam, como consequência, em baixa capacidade de troca de cátions (CTC) no complexo coloidal. Além da CTC, a saturação de bases também é baixa, podendo ocorrer elevada saturação de  $\text{Al}^{3+}$  trocaável no complexo coloidal e deficiência de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Devido à alta acidez e aos altos níveis de alumínio nestes solos, a capacidade de fixação de fósforo é elevada. Mas conforme assinala Ker & Resende (1996), existe um grande reservatório de fósforo adsorvido nesses solos. A disponibilidade deste fósforo para as plantas pode ser feita via ação de organismos do solo. Quanto ao nitrogênio, este não é um elemento geralmente limitante em florestas tropicais úmidas, pois a fixação biológica é bastante intensa nestes ambientes (Carpenter, 1992).

Segundo Stevenson (1982), alguns solos tropicais chegam a ter 90% de sua CTC derivada da matéria orgânica. Através do fenômeno da quelatização, a matéria orgânica poderá complexar íons metálicos presentes na solução do solo e, portanto, pela formação de complexos orgânicos com os íons de  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{3+}$  ajudará a reduzir os efeitos tóxicos que sua presença pode causar às raízes das plantas.

Assim a deficiência nutricional exibida nestes solos relaciona-se aos processos de intemperização e lixiviação a que são submetidos, em função das altas taxas pluviométricas e a grande atividades de microorganismos.

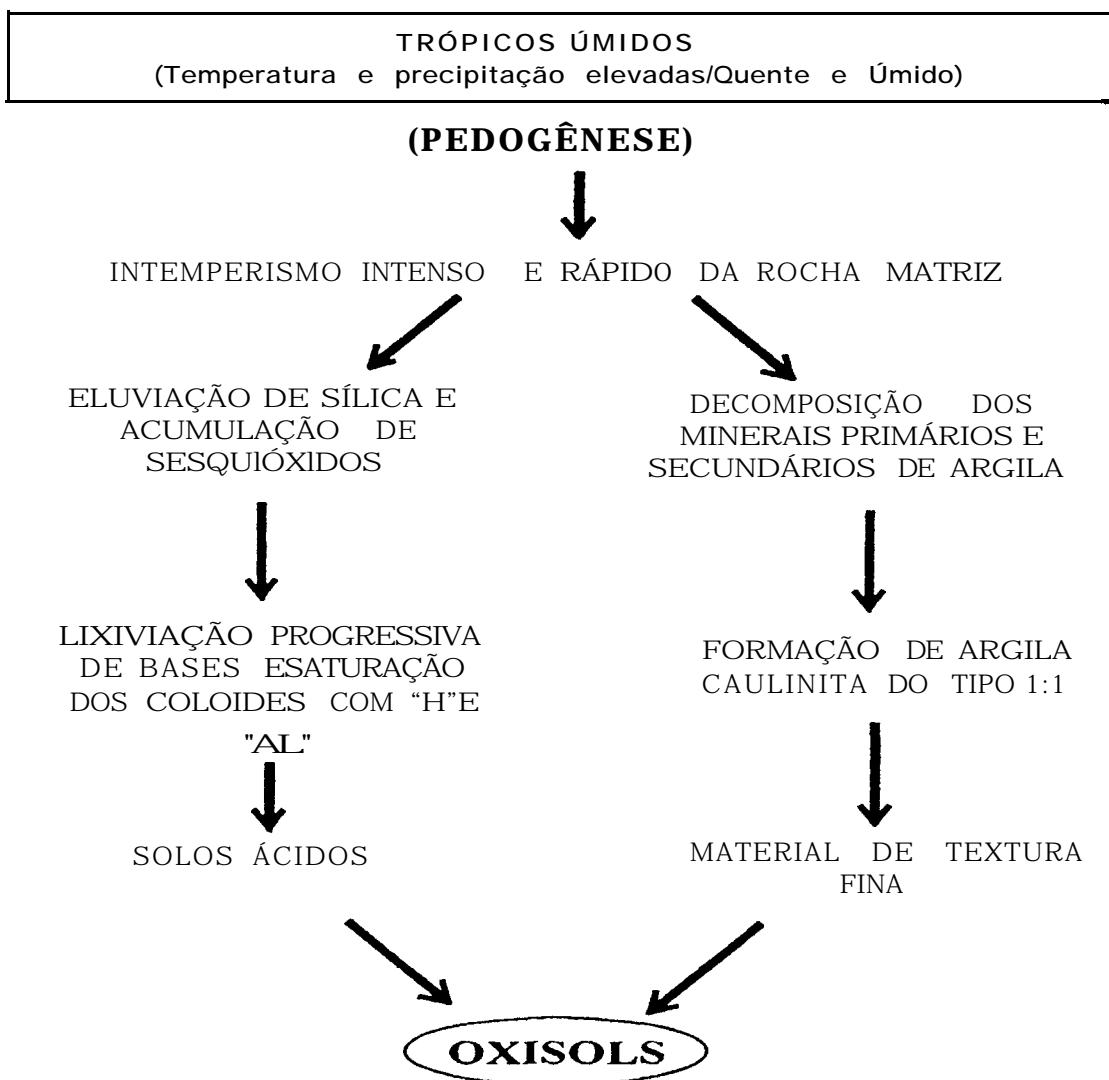


Figura 2 - Esboço esquemático da formação de solos em condições úmidas tropicais, de um modo geral (Silva, 1996).

### **2.3.2- As características físico-hídricas**

#### **2.3.2.1- Precipitação e interceptação**

Reichardt (1990) relata que a chuva, ao atingir uma cultura, pode ser diretamente absorvida pelas folhas, ramos e caules, mas, via de regra, a maior quantidade acaba atingindo o solo. A parte que fica na planta é denominada interceptação vegetal e a parte que atinge o solo, de chuva efetiva.

A interceptação das chuvas pelo dossel é um fator de redução da energia potencial e redistribuição das gotas que chegam ao solo. Segundo Miranda (1992) entre 25% e 30% da chuva que chega à floresta não atinge o solo, evaporando diretamente da copa. Outros autores como Jordan & Heuveldop (1981) encontraram 5% para interceptação em São Carlos do Rio Negro, Venezuela; Franken et al. (1982) estimaram em 20% a interceptação pela floresta, em estudo conduzido na Amazônia brasileira, próximo a Manaus; enquanto Lloyd (1988) avaliou a interceptação em 9% na Reserva Florestal de Ducke, a 25 Km de Manaus. Além da presença da vegetação que muda consideravelmente o comportamento da água, a concentração do sistema radicular nas camadas superficiais do solo faz com que estas camadas funcionem como as mais ativas do ponto de vista hidrológico. De acordo com Molion (1985) o solo sob floresta tem alta capacidade de absorção, recarregando uniformemente e liberando água mais vagarosamente.

Em geral, as chuvas desempenham uma função importante para ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, sendo sua contribuição variável de acordo com a cobertura vegetal e a fenologia das plantas. A precipitação incidente é uma importante fonte de entrada de nutrientes para os ecossistemas florestais, especialmente onde o intemperismo das rochas é lento ou quando a reserva mineral de nutrientes é pequena. Quando a chuva incide sobre a floresta sua qualidade é alterada durante a breve interação com as superfícies dos tecidos vegetais, e duas

situações opostas podem ocorrer: a água de lavagem do dossel pode sofrer um enriquecimento ou um empobrecimento de nutrientes. Varjabedian (1994) estudando a mats atlântica da Ilha do Cardoso detectou um aumento substancial na concentração na água de lavagem do dossel de N, P, K,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{SO}_4^{-2}$ . Em contrapartida, Jordan (1985) estudando o conteúdo da água de lavagem na floresta amazônica (bacia do rio Negro) encontrou o resultado oposto: um empobrecimento destes nutrientes. Segundo este autor, a retirada de nutrientes pela copa das árvores é feita pela adsorção de microorganismos (especialmente algas e liquens), que crescem nas lâminas foliares. No entanto, há que se destacar que tanto em um caso como no outro, as copas estão agindo como uma via de entrada para a captura de nutrientes atmosféricos. No exemplo do Rio Negro, as copas das árvores agem como um filtro da água de chuva e, quando da queda das folhas, há a absorção pelas raízes dos nutrientes associados às mesmas. No caso da mata atlântica, estas estariam agindo mais como coletores de aerossóis e partículas atmosféricas.

### **2.3.2.2 - Espaço poroso do solo**

A estrutura do solo é normalmente conceituada como o agrupamento de partículas sólidas do solo em agregados, os quais são separados dos agregados contíguos por superfícies de debilidade. A estrutura em si, embora não seja considerada um fator de crescimento para as plantas, exerce influência nos suprimentos de água e ar às culturas, na disponibilidade de nutrientes, na penetração e desenvolvimento das raízes, assim como no movimento de animais do solo por que atuam sobre a porosidade do solo. As condições de meio comandadas pela porosidade, o teor de água, agem sobre o desenvolvimento da vegetação numa certa medida, modificando a atmosfera do solo (Hénin et al., 1976).

A formação e a estabilização dos agregados do solo ocorre mediante a atuação de processos físicos, químicos e biológicos. Estes atuam por mecanismos

próprios, nos quais são envolvidas substâncias que agem na agregação e na estabilização. Além das substâncias agregantes, existem os agentes de agregação, representados pelo clima, raízes, microorganismos e pelo próprio tracionamento do solo (Silva & Mielińczuk, 1997). Em particular citamos a matéria orgânica, que é responsável por várias modificações nas condições físicas do solo: aumenta a faixa de friabilidade; a estabilidade dos agregados, proporcionando-lhes maior resistência à ação desagregadora da água; aumenta a capacidade de retenção de água, facilitando o aproveitamento do fósforo existente na solução do solo; diminui a densidade do solo; reduz o encrostamento superficial e aumenta a infiltração de água, que reduz o processo de erosão laminar. A erodibilidade do solo representa a susceptibilidade que os solos apresentam de erodirem em diferentes taxas, devido exclusivamente às características intrínsecas dadas por suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas (Silva et al., 1995).

Fatores físicos do solo, como temperatura, aeração e resistência à penetração de raízes interferem no desenvolvimento das culturas e, consequentemente, no seu rendimento. Esses fatores, por sua vez, são afetados por características como teor de matéria orgânica, estrutura, textura e distribuição de tamanho de poros e dos agregados do solo. A estrutura combinada com a textura, possibilita ao solo características físico-hídricas importantes para as plantas, pois a estrutura física do solo controla o espaço vazio e consequentemente a quantidade de estoque de água e oxigênio no solo e a velocidade de seu fornecimento para raízes (Lavelle et al., 1992).

A degradação dos agregados pode causar ao solo perda de condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal e o predispõem ao aumento da erosão hídrica. A condição estrutural pode ser analisada segundo dois aspectos: (a) avaliações de parâmetros relacionados à forma da estrutura, como densidade do solo e porosidade, e (b) avaliações de parâmetros relacionados à estabilidade da estrutura

(Campos et al., 1995). A densidade aparente e a porosidade são medidas quantitativas mais diretas da compactação (Camargo, 1983; Reichardt, 1990).

### **2.3.2.3- Infiltração da água no solo**

Infiltração é o processo pelo qual a água penetra no solo. Os fatores mais importantes que influenciam a velocidade de infiltração são: estrutura e compactação do solo, textura, conteúdo de umidade, estratificação, atividade biológica (Gavande, 1986), presença de rochas aflorando, quantidade de matéria orgânica do solo e serapilheira, declividade, rugosidade do terreno, quantidade de cobertura vegetal, duração e intensidade da chuva (Molian, 1985). A duração de aplicação e a qualidade de água também são fatores importantes (Bernardo, 1982), pois este parâmetro é de fundamental importância para a irrigação (Silva & Duarte, 1980). Solos da mesma classe, sob vegetação natural, com textura, estrutura e porosidade total semelhantes, apresentam taxa de infiltração diferentes, devido, principalmente, à diferença entre a macro e microporosidade e/ou a obstrução dos poros (Oliveira Jr. et al., 1996).

O aumento da cobertura vegetal reduz consideravelmente a energia de impacto das gotas de chuva contra a superfície do solo, o que se reflete diretamente sobre a desagregação da estrutura, reduzindo o entupimento dos poros e o selamento superficial e, consequentemente, aumentando a infiltração (Bertolini & Lombardi, 1993). A proporção de água da chuva que se infiltra no solo é decisiva para o processo de erosão. Quanto mais alta for a infiltrabilidade do solo, tanto menor sera O escorramento superficial, que normalmente é o maior responsável pela erosão (Derpsch et al., 1991).

A condição física, ao conferir maior ou menor resistência à ação das águas, tipifica o comportamento de cada classe de solo exposto a condições semelhantes de topografia, chuva e cobertura vegetal. A textura e a profundidade do solo, dentre

outros, são fatores que têm influencia na maior ou menor quantidade de terra arrastada pelo escoamento superficial (Silva et al., 1995). Um solo arenoso com espaços porosos grandes, durante chuvas de baixa e de média intensidade, pode absorver toda água, não havendo portanto, grandes problemas relacionados com a erosão. Os sistemas de manejo do solo existentes podem também afetar distintamente o escoamento superficial e consequentemente o processo erosivo.

A erosão do solo pode acontecer devido ao impacto da radiação solar, dos fluxos de ar ou da água e freqüentemente é causada por uma combinação desses fatores. Quando ha desmatamento ou remoção da cobertura morta, a vida do solo e o desenvolvimento e o funcionamento das raízes correm perigo, o húmus da camada superficial do solo é mineralizado e, como resultado disso tudo, a superfície dos solos argilosos é impermeabilizada pelo impacto das chuvas e os solos arenosos perdem sua coesão, levando a uma erosão hídrica. Esse processo é consequência maior das modificações que os sistemas de manejo provocam no solo, principalmente aquelas relacionadas com a sua estrutura, como densidade do solo, porosidade, agregação, que atuam diretamente na infiltração e retenção de água. As enxurradas provenientes das águas de chuvas que não ficam retidas sobre a superfície, ou não se infiltram, transportam, além das partículas de solo em suspensão, nutrientes, matéria orgânica, sementes e agrotóxicos (Pruski et al., 1995) causando diminuição rápida da fertilidade do solo.

A erosão manifesta-se em qualquer domínio morfoclimático com variações de formas e intensidades determinadas pelas diferentes combinações dos fatores ligados ao clima, topografia, solo, tipos de ocupação e existência de ações conservacionistas (Politano et al., 1990). As causas mais profundas da erosão do solo freqüentemente se relacionam a problemas sócio-econômicos e políticos (Blaikie, 1985).

Várias pesquisas têm demonstrado que a infiltração de água é o parâmetro que melhor avalia as alterações das condições físicas internas do solo (Leite, 1986).

#### 2.3.2.4 - Água no solo

Segundo Grohmann & Arruda (1961), uma boa distribuição do tamanho de agregados do solo estáveis em água atribui-lhe boas condições físicas, que se refletem em elevada permeabilidade, retenção de água, aeração, penetração de raízes e consequentemente, melhor utilização dos nutrientes. Portanto, a extração de nutrientes em solos tropicais é bastante influenciada pelo regime hídrico do solo, devido ao efeito que a água exerce na decomposição da matéria orgânica e no transporte de nutrientes. Em regiões onde a disponibilidade de água é maior e mais continua, a nutrição das plantas é melhor, em razão do melhor transporte dos nutrientes no solo por fluxo de massa e, em especial, por difusão (Barros & Novais, 1996). A água é um dos principais, e provavelmente o principal fator limitante da atividade dos microrganismos do solo.

Sistemas de manejo que possibilitem maior manutenção do conteúdo de água disponível para as culturas contribuem para a diminuição do estresse hídrico. vários autores observaram que a produtividade do milho em sistema de plantio direto é superior ao sistema de manejo convencional, provavelmente devido a um período maior de conservação da água no perfil (Eltz et al., 1989), maior fertilidade da camada explorada pelas raízes (Muzilli, 1983) e menores perdas de solo. Várias propriedades da cobertura morta estão diretamente relacionadas com a temperatura do solo, fenômeno este intimamente associado ao movimento da água no sentido solo-atmosfera, podendo proporcionar benefícios inestimáveis à produção das culturas (Vieira et al., 1991). A cobertura morta do solo, de acordo com Foster et al. (1982), é o fator isolado que mais exerce influência sobre a erosão. A manutenção da

cobertura morta na superfície vem sendo amplamente utilizada como alternativa para diminuir as variações de temperatura do solo, reduzir as perdas por erosão, reter maior quantidade de água no solo e promover maiores rendimentos dos cultivos agrícolas (Bragagnolo & Mielniczuck, 1990). Além disso, diminui a evaporação de água e o escoamento superficial, elevando a taxa de infiltração.

### **2.3.3 - Matéria orgânica e biota do solo**

Nos solos tropicais, a matéria orgânica se concentra na superfície (0-10 cm), sendo responsável pela maior capacidade de retenção dos nutrientes e acumulação de água, em razão da sua elevada atividade coloidal (Fassbender, 1985). A grande maioria dos efeitos microbiológicos sobre o solo ocorre via matéria orgânica, que serve como substrato energético e fonte de nutrientes (Siqueira et al., 1994).

#### **2.3.3.1- Matéria orgânica e sua decomposição**

A maior parte da matéria orgânica do solo é derivada de folhas mortas e outros materiais vegetais, juntamente com os animais em decomposição. Esses resíduos orgânicos são misturados com as partículas inorgânicas do solo, e nesta mistura vive um grande número de pequenos organismos que passam toda, ou parte de suas vidas sob a superfície do solo. O tipo de vegetação, a natureza da população microbiana, a intensidade de drenagem, a precipitação, a temperatura e o manejo do solo, afetam o tipo e quantidade de matéria orgânica (Fassbender, 1985). A decomposição e a mineralização dos nutrientes contidos nela constituem processos fundamentais à produtividade contínua dos ecossistemas terrestres e é vital para a manutenção da capacidade produtiva do solo (Swift, 1996).

A matéria orgânica do solo é de fundamental importância para sua fertilidade, afetando propriedades físicas, químicas, físico-químicas, bioquímicas e biológicas. É da decomposição dos resíduos de natureza orgânica adicionados ao solo, assim como de reações de neo-síntese muito variadas, que resulta a formação de húmus, assim como a liberação de uma série de nutrientes que podem ser utilizados pelos vegetais. Portanto, a porção de matéria orgânica presente no solo representa importante parâmetro ecológico, sendo considerada como reservatório de nutrientes e energia e, consequentemente, potencial fornecedor de nutrientes para as plantas (Burle et al., 1995).

À medida em que a matéria orgânica do solo se decompõe, os nutrientes incorporados são liberados para a solução do solo, podendo ser absorvidos pelas raízes, reciclados pelos organismos decompositores, lixiviados ou erodidos. A microflora do solo (fungos e bactérias) contribui com pelo menos 90% do metabolismo respiratório total do solo. Dentre a fauna do solo, grupos diversos influenciam significativamente a microflora decompositora através de alguns de seus hábitos alimentares como, por exemplo, a fitofagia, microbivoria e fungivoria. Em particular a microbivoria promove efeitos diretos sobre a comunidade microbiana provocando a liberação de nutrientes por ela imobilizados (Correia et al., 1995).

A degradação da matéria orgânica é um processo longo e complexo, controlado por várias funções importantes no ecossistema. Por exemplo: recicla os nutrientes através da mineralização da matéria orgânica; produz quebração e complexação dos nutrientes minerais; recupera nutrientes e energia por ação microbiana; produz alimento para uma seqüência de organismos; produz metabólitos secundários que podem ser inibidores ou estimuladores; modifica os materiais inertes da superfície terrestre e mantém uma atmosfera que permite a vida de aeróbios (Odum, 1983). Segundo Araújo et al., (1997) solos mais ricos em matéria orgânica são mais resistentes à mudança de pH. Com o passar do tempo, a tendência

é atingir o equilíbrio entre mineralização-imobilização-disponibilidade-perdas, devido à população microbiana (microbiota) do solo ter atingido maior estabilidade.

O húmus é o resultado da decomposição da matéria orgânica (incluindo degradação e neossíntese) pelos microorganismos no solo e apresenta papel fundamental na formação de agregados, tornando a estrutura física mais estável e porosa. Essa estrutura aumenta a capacidade de retenção de água no solo. Isso é importante em áreas sujeitas a secas, pois torna o sistema de produção mais resistente à essa condição climática, permitindo assim o uso mais eficiente da água disponível. O húmus também forma a estrutura química do solo, quando os nutrientes são por ele adsorvidos, e cria um tampão de nutrientes que tornam-se disponíveis para as plantas à medida que são necessários. Pode também reduzir a adsorção de fósforo no solo e reter micronutrientes que seriam lixiviados, tornando-os disponíveis para as plantas. Pode também, absorver e neutralizar, até certo ponto, elementos tóxicos para as plantas, como o alumínio. A lixiviação é menor em solos com alto teor de húmus (Lal & Stewart, 1990).

### **2.3.4 · Fauna do solo**

O sistema biológico decompositor é composto de macrorganismos (invertebrados) e microrganismos (principalmente fungos e bactérias), cuja a atividade é diretamente controlada pelos macrorganismos. Nos trópicos úmidos, a diversidade da comunidade de macroinvertebrados depende largamente do tipo da vegetação. De uma maneira geral, a diversidade biológica aumenta em direção aos trópicos, seja no mundo vegetal, seja no mundo animal. Segundo Assad (1997a) a comunidade de organismos do solo é complexa tanto em termos quantitativos, quanto em tipos de organismos, podendo ser encontrada com grande diversidade genética e funcional. Uma camada de 10 cm de 1 ha de um solo com 1% de matéria orgânica tem cerca de 1500 kg de fauna do solo (Dalzell et al., 1987).

A macrofauna edáfica é composta por indivíduos de grande mobilidade em relação a outros animais do solo, sendo sua influência na fertilidade do solo diretamente relacionada a seus hábitos alimentares. Apresentam grande importância como agentes transformadores das condições físicas, químicas e biológicas do solo ao promover uma ciclagem de nutrientes mais eficiente e uma regulação dos processos biológicos a nível microbiano (Stork & Eggleton, 1992; Lavelle et al., 1993). As mudanças na abundância e na diversidade das espécies desses animais constituem-se reflexo de mudanças no sistema (Correia, 1997).

O papel dos organismos na fertilidade do solo é fundamental na compreensão do comportamento dos ecossistemas, particularmente em ambiente tropical, onde a exuberância da vegetação parece muitas vezes opor-se à pobreza mineralógica de solos altamente intemperizados e lixiviados ou originados de materiais de origem cuja riqueza mineralógica, isoladamente, não corresponde à manutenção dessa vegetação (Assad, 1997a). A sua influência na fertilidade do solo está diretamente relacionada com os hábitos alimentares e a estratégia ecológica por eles adotada. Além disso, a influência dos invertebrados do solo na dinâmica da matéria orgânica e na biodisponibilidade de nutrientes depende também do tempo transcorrido e do volume de solo trabalhado pelo animal (Assad, 1997b).

Lebrun (1987) relata que a fauna assegura o controle da produção vegetal e a moderação dos ciclos nos compartimentos vivos (estabelecimento das cadeias de predadores), exercendo um controle qualitativo no meio, e que os papéis conjuntos exercidos pelos microorganismos e fauna convergem para um mesmo objeto, a reciclagem da matéria desde as formas orgânicas até as inorgânicas reutilizadas pelos vegetais. Então o monitoramento da fauna permite avaliar não só a qualidade de um solo, como também o próprio funcionamento de um sistema de produção, já que esta se encontra intimamente associada aos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, na interface solo-planta (Correia, 1997).

#### **2.3.4.1- Caracterização da fauna**

Os organismos do solo podem habitar na superfície, na serapilheira ou em horizontes mais profundos do solo, movendo-se através do perfil. De uma maneira geral, a biota do solo pode ser dividida de acordo com seu tamanho em microflora, microfauna, mesofauna, macrofauna e megafauna (figura 3). Cada grupo exerce uma função bem definida na decomposição da matéria orgânica, constituindo o que conhecemos como cadeia alimentar (Assad, 1997a).

A microfauna apresenta o diâmetro corporal até 100  $\mu\text{m}$ , constituída de Protozoa, Nematoda, Rotifera e pequenos colêmbolos e acaros. Pelo seu tamanho tem limitada habilidade para modificar a estrutura do solo, entretanto afetam a disponibilidade de nutrientes alimentando-se da microflora e partículas orgânicas. São essencialmente aquáticos, portanto, sua abundância no solo flutua de acordo com a disponibilidade de alimentos e ciclos de umedecimento e secagem no solo e na serapilheira. Já a mesofauna do solo, de diâmetro corporal 100  $\mu\text{m}$  a 2 mm, é composta de Acari, Collembola, Protura, Diplura, Symphyla, Isoptera, entre outros. Esses animais possuem diferentes hábitos alimentares, incluindo saprofagia, microfagia e predação entre outros. A maior parte destes podem atacar a serapilheira, mas sua contribuição na fragmentação dos resíduos de plantas, é pequena. O papel mais importante é na regulação da população microbiológica. Quanto à macrofauna e megafauna, com diâmetro corporal de mais de 2 mm, é constituída por Diplopoda, Isopoda, Oligochaeta, Gastropoda e Insecta. Esses animais são os principais agentes da fragmentação e redistribuição de resíduos de plantas no solo. Suas atividades incluem decomposição da serapilheira e aumento de substratos para atividade microbiana nas camadas superficiais do solo. Também afetam a estrutura do solo através de seus movimentos, misturando partículas orgânicas com inorgânicas, e apresentam grande importância na formação de agregados estáveis e canais no interior do solo.

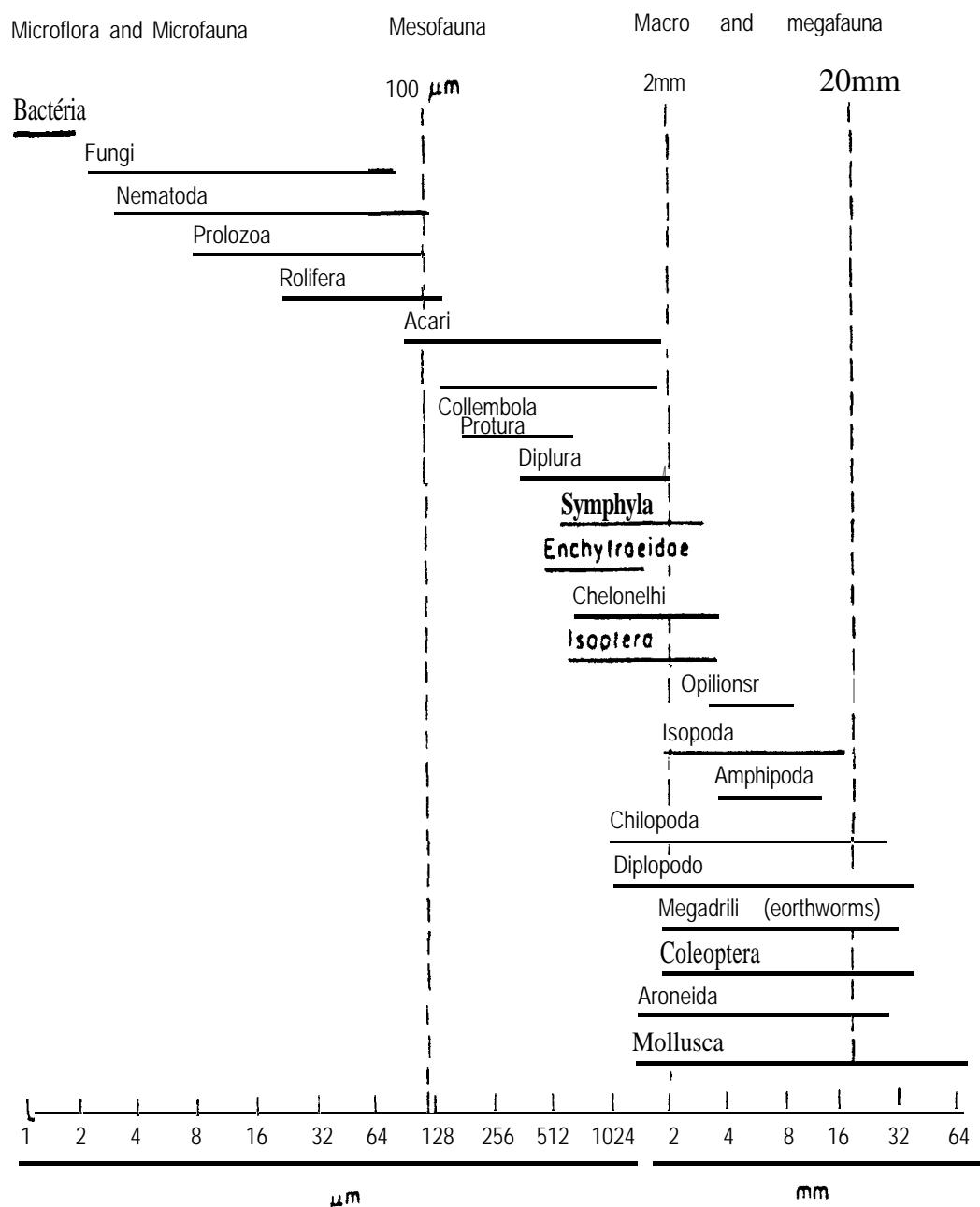


Figura 3 - Classificação com base no diâmetro corporal da fauna do solo (Swift et al., 1979).

Além da classificação com base nas dimensões corporais, a fauna de solo pode também ser classificada com base em aspectos funcionais (quadro 1). Alguns grupos funcionais comuns são os: não edáficos, saprófagos, predadores, sociais e micrófagos (Correia, 1994).

Os animais saprófagos compõem-se de Isopoda, Diplopoda, Oligochaeta, Blattaria, Dermaptera, Diplura, Psocoptera e Symphyla e alimentam-se diretamente dos detritos, fragmentando-os e mineralizando os compostos mais simples, tais como açúcares simples, amido, lipídeos e proteínas. Já os micrófagos, utilizam os microrganismos como fonte de carbono e regulam qualitativamente e quantitativamente as populações microbianas. Quanto aos predadores, estes são compostos por Araneae, Opilionida, Chilopoda e Pseudoscorpionida, Hymenoptera e Mantodea e atuam sobre os saprófagos e micrófagos (Correia, 1997).

Os Formicidae e Isoptera têm em comum a vida social, com a construção de ninhos onde utilizam as partículas minerais do solo, matéria orgânica de origem vegetal, secreções e dejetos. Sendo em geral muito abundantes em ecossistemas tropicais, são considerados de fundamental importância para os processos de decomposição nestes sistemas (Lavelle et al., 1993). Quanto aos insetos não edáficos, temos os adultos de Diptera, Trichoptera e Lepidoptera e os Hemiptera e Homoptera. A denominação de não edáficos decorre da não participação desses grupos nos processos de decomposição desempenhados pela fauna edáfica. Não há nenhum registro da atividade na fragmentação do folhiço ou na utilização de microrganismos como alimento. Alguns hemípteros e homópteros, no entanto, vivem no solo alimentando-se de raízes ou micorrizas (Correia, 1997). A falta de informação sobre comunidades de solo tropicais dificulta o entendimento da presença destes animais no solo.

**Quadro 1** - Subdivisão da comunidade de artrópodos em unidades funcionais.

	<b>Grupos funcionais</b>	<b>Hábito alimentar</b>	<b>Ordens</b>
<b>Edáficos</b>	saprófago	saprofagia	Blattaria, Dermoptera, Diplopoda, Diplura, Isopoda, Psocoptera e Symphyla.
	predadores	predação	Araneae, Chilopoda, Opilionida, Pseudoscorpionida, Hymenoptera e Mantodea.
	larvas de insetos	saprofagia e predação	Larvas de: Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Trichoptera e Neuroptera.
	insetos sociais	saprofagia e predação	Formicidae e Isoptera
	outros	saprofagia e predação	Coleoptera e Thysanoptera
<b>Não edáficos</b>	_____	sem funcionalidade conhecida	Diptera, Hornoptera, Hemiptera, Trichoptera e Lenidiontera.

Pela sua densidade e funcionalidade nas comunidades de solo em regiões temperadas, as larvas de insetos holometabolos encontram-se entre os mais importantes invertebrados destratores nestes sistemas (Flogaitis, 1984). Os artrópodos que se alimentam de detritos vegetais e de fungos funcionam como catalisadores e reguladores das populações microbianas (Hanlon & Anderson, 1980). Tal ação é responsável em grande parte, pela taxa de mineralização e imobilização dos nutrientes no solo (Seastedt & Crossley, 1984 e Persson, 1989).

No caso específico da fauna de solo, Lavelle et al. (1992) descreve as “categorias ecológicas” dos Lumbricidae (Oligochaeta), levando em conta não só o

tipo de recurso alimentar, mas também as frações do habitat que são exploradas. Os epígeos utilizam o alimento nas camadas superficiais da serapilheira, os endógeos vivem e utilizam o solo mineral enriquecido de matéria orgânica. A categoria dos anécicos, por sua vez, alimenta-se na superfície e cava túneis que permitem uma mistura da serapilheira com o solo mineral, o que em geral, acelera o processo de decomposição. A riqueza de grupos, formas, tamanhos e estratégias de exploração do ambiente, favorecem o aparecimento de diferentes frações da comunidade de animais de solo. Alguns animais podem durante o seu ciclo de vida ocupar diferentes papéis tróficos, em diferentes estágios ou sob condições ecologicamente diferentes

#### **2.3.4.2- Processos biológicos da fauna do solo**

De acordo com Pouyat et al. (1994) e Lavelle (1994), 80 a 99% do CO<sub>2</sub> liberado no solo provém de processos de digestão oxidativa. A biodisponibilidade dos nutrientes a partir da mineralização de compostos de origem biológica é um processo eminentemente biológico. A fauna do solo, incluindo protozoários, nematóides, artropodes e anelídeos, influencia grandemente a decomposição da microflora através dos resultados da sua atividade alimentar (Anderson, 1988). E está intimamente ligado aos processos de fragmentação da serapilheira e estirnulação da comunidade microbiana do solo, desempenhando um papel fundamental na regulação da decomposição e ciclagem de nutrientes (Lavelle et al., 1993), sendo provavelmente os maiores reguladores da decomposição em muitas situações tropicais (Lavelle et al., 1992).

Os anelídeos também são os maiores componentes da cadeia alimentar detrital em alguns ecossistemas florestais (Blair et al., 1992). Eles são responsáveis pela mineralização de importantes quantidades de nitrogênio e 60 a 80% do seu tecido é composto de proteína o que representa 10 a 12,5% de N (peso seco).

Quando esses animais morrem passam a constituir uma das importantes fontes de N, levando à incorporação de amino-N nos ecossistemas é da ordem de 25 a 75 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (Lee, 1994). Também são importantes na liberação de fósforo e de outros nutrientes, no aumento da porosidade total e do volume da água disponível para as plantas, sendo que quanto maior a população, maiores serão as suas respostas (Kobiyama et al., 1995).

A fauna do solo exerce uma grande influência sobre a superfície do solo e a distribuição do tamanho das partículas do solo (Lee & Foster, 1991); a capacidade de retenção de água e velocidade de infiltração do solo (Anderson, 1988), o que é importante nos trópicos, onde alta intensidade de chuvas causa alto runoff (Aina, 1984). A mineralização e imobilização do composto orgânico e a disponibilidade de N e de outros nutrientes (Teuben & Verhoef, 1992); o transporte dos compostos (componentes) químicos (Anderson, 1988); e a composição, abundância, dispersão e atividade da população das bactérias e fungos (Hanlon, 1981) constituem outros importantes papéis biológicos destes organismos (quadro 2). Esses fatores podem influenciar diretamente na estabilidade e fertilidade do solo e na composição das plantas que o solo pode sustentar (Chauvel et al., 1987 e Harte et al., 1996), constituem portanto a chave do desenvolvimento dos elementos para uma agricultura ou uma floresta sustentável (Stork & Eggleton, 1992).

A influência direta dos microinvertebrados no ciclo bioquímico é devido ao seu papel na mineralização de nutrientes (Beare et al., 1995), por meio da ingestão de organismos da microflora e da fauna do solo (Lavelle & Pashanasi, 1989), em virtude do hábito carnívoro de alguns de seus grupos constitutivos (Rubio & Chamorro, 1996), e pela Trituração de detritos de plantas, desempenham um papel fundamental na redução dos materiais de difícil degradação e na formação dos estoques orgânicos (Seastedt & Crossley, 1984), e dejetos fecais. Estes modificam a superfície específica desses materiais e facilitam o ataque microbiano e a lixiviação

de compostos solúveis (Assad, 1997a). Portanto, através de seus comportamentos, impõem um ritmo dinâmico à evolução da cobertura pedológica (Milkos, 1996).

---

Quadro 2 - Atividades exercidas pela micro, meso e macrofauna do solo, na decomposição do material orgânico.

Ativ. exercida	Tipo de ação	Tipo da fauna
Fragmentação	redução do tamanho dos resíduos, aumentando a superfície de exposição para a microflora.	protozoários, lesmas, minhocas, insetos subterrâneos.
Predação	alguns grupos da fauna do solo exercem efeitos reguladores na população.	protozoários, ácaros, espécies de dipteros, etc.
Mistura e transporte	atuam na mistura do solo com matéria orgânica, através da alimentação ou transportando resíduos para horizontes subsuperficiais.	minbocas, enquitreides, cupins, formigas, ácaros, algumas lesmas e espécies de coleópteros.
Agregação	a ingestão de partículas de solo junto com matéria orgânica, promovendo agregação através dos dejetos.	minhocas, cupins e isópodos.
Escavação	abertura de canais e galerias promovem maior infiltração de água e fluxo de ar no solo.	minhocas, cupins, formigas, espécies de coleópteros.

Fonte: Voss, 1987.

Em ambiente natural dos trópicos úmidos, os microinvertebrados do solo são os maiores agentes reguladores dos processos físico-químicos (Lavelle, 1984). São os principais agentes de estabilização de agregados do solo por meio da deposição de polissacarídeos extra-celulares e pela formação de materiais aromáticos húmicos degradados, que formam complexos organo-minerais (Beare et al., 1995). No entanto, pode-se dizer que micro, meso e macrofauna modificam o ambiente onde vivem por meio de mecanismos tais como movimentação de material

sobre o solo e dentro dele; enterrio ativo de restos vegetais depositados na superfície do solo; movimentação de quantidades variáveis de partículas de diferentes tamanhos; construção de montículos, cavidades, galerias e ninhos; ingestão e excreção de restos orgânicos e de partículas minerais; e contribuição para o desenvolvimento estrutural do solo (Lavelle & Pashanasi, 1989).

Os microinvertebrados desenvolvem ações no solo que, dependendo do tamanho do organismo e da posição ecologica que ele ocupam no ambiente edáfico, a intensidade dessas ações pode variar de acordo com o tipo e a quantidade de material da serapilheira. As funções desses organismos variam também com o seu grau de maturidade biológica, é depende principalmente de sua mobilidade, de seus hábitos alimentares e da posição que ocupa no espaço (Assad, 1997b). No entanto, vários fatores afetam diretamente a atividade desses animais no solo, que são: temperatura, umidade, aeração, pH e teor de nutrientes no solo (Siqueira & Franco, 1988). A relação C:N do substrato, que influencia a biomassa microbiana, tanto qualitativa quanto quantitativamente (Demétrio, 1988) e os elementos N e P, que limitam ou controlam a abundância dos organismos (Odum, 1983).

Em geral, os organismos vivos desempenham importante papel na estabilidade de todos os processos naturais, tais como os ciclos de água, nitrogênio, energia e carbono. O solo e seus constituintes, associados com a energia solar, são os principais recursos naturais para a produtividade dos agroecossistemas. O componente biológico do solo é responsável na formação de húmus, ciclagem de nutrientes, estrutura do solo, balanço hídrico e fertilidade natural dos solos. No entanto, a importância fundamental dos animais nesse processo já foi esclarecida em diversos estudos, nos quais se observou que a presença destes organismos é o fator determinante na redução da quantidade da serapilheira, formação de matéria orgânica do solo e na mineralização dos nutrientes. No entanto, este componente tem sido ignorado quanto à sua importância no aspecto funcional do ecossistema, ainda que esses organismos sejam bastantes sensíveis em relação às perturbações.

## 2.5 - A agricultura itinerante

Cada vez mais, as florestas tropicais estão sendo transformadas em áreas de agricultura, agravando assim o processo de substituição dos ecossistemas florestais naturais por agroecossistemas. Constitui uma prática muito difundida, em regiões tropicais, o regime alternado de floresta e agricultura pelo método de queima e roça, conhecida também como agricultura itinerante. Essa agricultura envolve uma alternância entre períodos de cultivo e longos períodos de pousio, que duram até que a floresta se reconstitua, pelo menos do ponto de vista funcional da ciclagem de nutrientes. Numa seqüência típica, a floresta é cortada e queimada para limpar a terra e produzir as cinzas que servem como “fertilizante” para o solo.

A produtividade geralmente é elevada nos primeiros anos, mas depois cai devido ao declínio da fertilidade do solo ou à invasão por pragas e plantas infestantes. As roças são então abandonadas para o descanso por vários anos, de forma que possa recuperar sua fertilidade antes que o agricultor retome a ela e recomece o processo (Silva, 1996). Assim, sistemas agrícolas tradicionais se desenvolvem numa constante interação com a cultura e a capacidade de auto-regeneração dos sistemas florestais. Neste sentido, o período de pousio passa a fazer parte integrante do ciclo de cultivo, sendo portanto a capoeira circunvizinha um elemento da própria roça (Oliveira & Coelho Neto, 1996).

Na conversão de um ecossistema em agroecossistema, as inter-relações entre o clima, recursos genéticos e características e propriedades do solo, sofrem inter-relação, determinando um novo nível de equilíbrio entre o clima, a vegetação e o solo, resultando em novo estado de fertilidade ou uma fertilidade do solo derivada (Silva & Resck, 1997). Em virtude da intensidade das chuvas e do calor reinante, os solos ocupados pelas florestas tropicais são, geralmente, muito intemperizados e lixiviados e, portanto, normalmente ácidos e de baixa fertilidade. Apesar disto, essas florestas apresentam-se como um dos ecossistemas mais produtivos e de maior

biomassa do planeta (Lieth, 1975). Esta elevada produtividade natural, entretanto, não se mantém quando a floresta é substituída por pastagens, atividades agrícolas ou silvicultura (Fearnside & Rankin, 1991).

A conversão da floresta em áreas de produção agropastoril tem fornecido resultados desanimadores, quando não desastrosos (Palmer, 1991). Segundo Uzêda et al. (1995) a agricultura tradicional praticada na Amazônia tem encontrado restrições para a sua prática devido à maiores demandas por terra, impedindo que o tempo de pousio seja suficiente para a recuperação do solo.

O ecossistema é um sistema aberto, integrado por todos os organismos vivos e elementos não viventes de um setor ambiental definido no espaço e no tempo, cujas propriedades globais de funcionamento e de auto-regulação derivam das inter-relações entre todos os seus componentes. O agroecossistema configura-se com a introdução da agricultura no ecossistema; a partir daí o homem e sua atividade passam a ser elementos do ecossistema, como um subsistema a mais (Eliessman, 1990).

### **2.5.1- Sistemas de manejos e seus impactos**

O corte e queima da biomassa vegetal é uma prática amplamente adotada na conversão de florestas em sistemas agrícolas itinerantes, chegando mesmo a atuar ao nível de formação da paisagem (Oliveira & Coelho Neto, 1996). A queimada é uma prática fundamental para este tipo de agricultura pois o fogo é uma ferramenta barata e adequada aos propósitos da regeneração da floresta (Raison, 1980). Ela é uma técnica amplamente empregada também na criação extensiva de gado, visando limpar o terreno, neutralizar a acidez do solo, mineralizar o fosforo, o potássio e os outros nutrientes, tornando-os disponíveis para as culturas, destruir pragas e estimular a rebrota de plantas forrageiras na estação seca (Kotschi et al., 1989 e Richards, 1994).

Quando a queimada é feita no momento certo e é bem controlada, a vegetação natural responde com uma rebrota vigorosa e saudável. Caso contrário pode ocasionar uma grave redução da quantidade de matéria na superfície do solo, deixando-o exposto à erosão hídrica, principalmente em terrenos íngremes. A erosão diminui a capacidade produtiva dos solos, pois reduz a fertilidade natural e o volume efetivo para exploração das raízes. Também contamina os cursos da água com sedimentos e elementos químicos.

A adoção do pousio é uma técnica comum para restaurar a fertilidade no local em que os nutrientes foram exauridos, seja por exportação nas culturas ou pela erosão. A vegetação incorpora nutrientes na sua biomassa e, quando cortada, os nutrientes liberados da matéria orgânica em decomposição constituem fontes de suprimento para as espécies cultivadas.

O período em que a área permanece sob pousio é preponderante para a sustentabilidade do sistema. Se o período de pousio for curto em relação ao período de utilização agrícola, o sistema torna-se instável, não permitindo a floresta recuperar as características físicas e químicas do solo. Esta característica das florestas permite a recuperação de áreas submetidas a agricultura e é um dos fatores que possibilita a recuperação parcial de áreas degradadas (Herrera et al., 1978). O rápido declínio da fertilidade do solo e uma alta infestação de plantas daninhas são as principais razões porque os agricultores itinerantes abandonam suas terras após um ou dois anos de cultivos (Sanchez & Benites, 1987).

A mudança do ecossistema natural para agroecossistema provoca alterações profundas nas propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos. O desmatamento afeta a dinâmica da água e o microclima local e pode até mesmo afetar o clima regional. A remoção ou a mudança da cobertura vegetal afeta também as taxas de escoamento superficial e de infiltração, alterando a quantidade, a disposição temporal, a qualidade dos fluxos de água sobre o solo. Um fluxo excessivo de água sobre o solo pode causar erosão. A valiosa camada superior do

solo, que possui quantidades relativamente grandes de nutrientes e de vida, é perdida e depositada em outras locais sob a forma de sedimentos. É fundamental que haja um manejo dos fluxos de água de forma a evitar que causem danos (Barrow, 1987). A densidade e a diversidade de organismos é muito reduzida para maximizar a produção de um determinado alimento ou outro produto (Odum, 1983).

As modificações causadas pela agricultura, na fauna e nos microrganismos, em diferentes graus de intensidades, são afetados pelos impactos provocados pelas práticas e manejos agrícolas (Filser et al., 1995 e Reddy et al., 1995). Eles são afetados pela compactação do solo, devido à diminuição de aeração e do espaço poral para mobilidade; pela diminuição da qualidade e quantidade de material orgânico e pelas mudanças bruscas nas condições pedoclimáticas como temperatura e umidade.

Fauna e flora intensas e diversificadas interagem com a fração mineral do solo, desempenhando um papel preponderante na ciclagem da matéria orgânica e nutrientes, na fisiologia e nutrição, já que a manutenção do material orgânico no solo tem sido considerada como um dos processos chave para a manutenção da estrutura e fertilidade dos solos tropicais (Lavelle et al., 1993) e atividade biológica. Qualquer modificação no ecossistema afeta grandemente a dinâmicas dos microrganismos. Dessa forma, a estimativa da fauna do solo de acordo com as diferentes práticas e manejos adotados permite avaliar as mudanças ocorridas.

Sem dúvida alguma, a agricultura de queima e roça é, nas regiões tropicais, uma das formas de aproveitamento da terra mais adaptadas para o regime de pequenos estabelecimentos agrícolas, com baixos níveis de insumos externos. Contudo, a observância de uma fase de pousio suficientemente longa é uma pré-condição para evitar a degradação dos ecossistemas agrícolas (Fearnside, 1986). Como consequência, a agricultura migratoria tem a limitação de poder usualmente suportar 10-20 pessoas/km<sup>2</sup>. em função de que a qualquer tempo apenas 10% pode estar sob cultivo - os demais 90% devem estar nos diversos estágios de pousio

(Whitmore, 1990). Apesar do avanço da modernização e do sistema econômico, alguns sistemas de conhecimento e de manejo agrícola tradicional ainda permanecem.

## **2.6 - Roça caiçara como agricultura sustentável**

No ano 2025, estima-se que existirão 8,5 bilhões de habitantes no nosso planeta, dos quais 7 bilhões estarão vivendo em países em desenvolvimento da Ásia, África e América Latina. Estará o mundo preparado para produzir e distribuir alimentos para esta população, de forma sustentável e sem degradar o meio ambiente? (Santos, 1997).

Nas últimas décadas, o principal fator responsável pela deterioração dos solos e do meio ambiente tem sido considerado o modelo de monocultura intensiva, praticado de forma extensiva. Para reverter essa situação, há necessidade de um diagnóstico acurado do potencial produtivo de cada sistema, que além da análise química do solo, necessita acompanhar o conteúdo da matéria orgânica e a atividade biológica, a grande variabilidade em relação às exigências nutricionais entre as culturas e apreço às gerações futuras.

A sustentabilidade amplia a adequação de recursos nutricionais bem como os sistemas de cultivos no quais esses recursos serão usados. Edwards (1987) define agricultura sustentável de baixo “input”, como um sistema integrado de produção, pouco dependente de grande quantidade de insumos químicos, e mais dependente de um manejo intensivo e ecológico. Segundo Kennedy & Smith, (1995), a sustentabilidade é a adaptação de práticas para permitir por longo período a manutenção da capacidade de produtividade, a viabilidade e qualidade de vida, e conservação do meio ambiente e da base dos recursos naturais.

A sustentabilidade de um sistema de produção não inclui apenas aspectos ambientais, mas econômicos e sociais, já que o homem é, neste mais do que em sistemas naturais, parte integrante. Um sistema sustentável deve ser o mais parecido possível com um sistema natural, em que a interferência humana seja a mínima necessária, facilitando a ocorrência de uma ciclagem de nutrientes, incluindo a água, e de mecanismo de regulação internos, tais como controle de pragas e plantas daninhas (Correia, 1997).

O período em que a área permanece sobre pousio é preponderante para a sustentabilidade do sistema. Se o período de pousio for curto em relação ao período de utilização agrícola, o sistema torna-se instável, não havendo tempo para a floresta recuperar as características físico-químicas do solo. A agricultura nativa oferece muitos exemplos de simulação bastante precisa de ecossistemas naturais (Wolf, 1987). Portanto, conserva a umidade, repõem a matéria orgânica e os nutrientes ao solo e evita a erosão e a lixiviação. As parcelas desmatadas são pequenas e os agentes biológicos presentes na floresta circundante penetram com facilidade (figura 4).

O crescimento da população e outros fatores reduzem a viabilidade dos sistemas de cultivo itinerantes, mas muitas das técnicas desenvolvidas pelos agricultores talvez se mostrem muito úteis para os agricultores convencionais. Deve-se lembrar que a agricultura itinerante tem a sua sustentabilidade condicionada a uma baixa densidade demográfica, que permita grande estoque de terras em pousio. No entanto, esses conhecimentos não serão soluções para os seus problemas, mas abrem novas perspectivas para os casos. Mesmo atendendo apenas uma parte simultaneamente pode ajudar a estabelecer um sistema sustentável (Kirschenmann, 1988).

Os princípios ecológicos extraídos do estudo de agroecossistemas tradicionais podem ser utilizados como base para agroecossistemas sustentáveis em países industrializados e assim corrigir muitas das deficiências que afetam a

agricultura moderna (Altieri, 1987). Um dos parâmetros para se avaliar a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola é a qualidade do solo, medida através de atributos como: dinâmica da matéria orgânica e atividade biológica, presença de acidez e/ou alcalinidade, disponibilidade e equilíbrio de nutrientes, estruturação e agregação, infiltração e armazenamento de água, além das condições de enraizamento das plantas ao longo do perfil cultural e a produtividade das culturas e/ou animais (Mielniczuck, 1996).

Ainda há inúmeros sistemas de uso da terra desenvolvidos por comunidades agrícolas tradicionais que servem como exemplo de um cuidadoso manejo do solo, da água e dos nutrientes, exatamente o tipo de procedimento necessário para tornar sustentável a agricultura. Esses agricultores descobriram maneiras de melhorar a estrutura do solo, a capacidade de retenção de água e a disponibilidade desta e dos nutrientes sem ter que usar insumos artificiais. A agricultura de subsistência tem sido estudada por diversos autores e sob diferentes prismas, sendo que vários autores (Ewel, 1976 e Ramakrishnan, 1991) apresentam aspectos deste modelo agrícola ligados à eficiência energética e auto-sustentabilidade

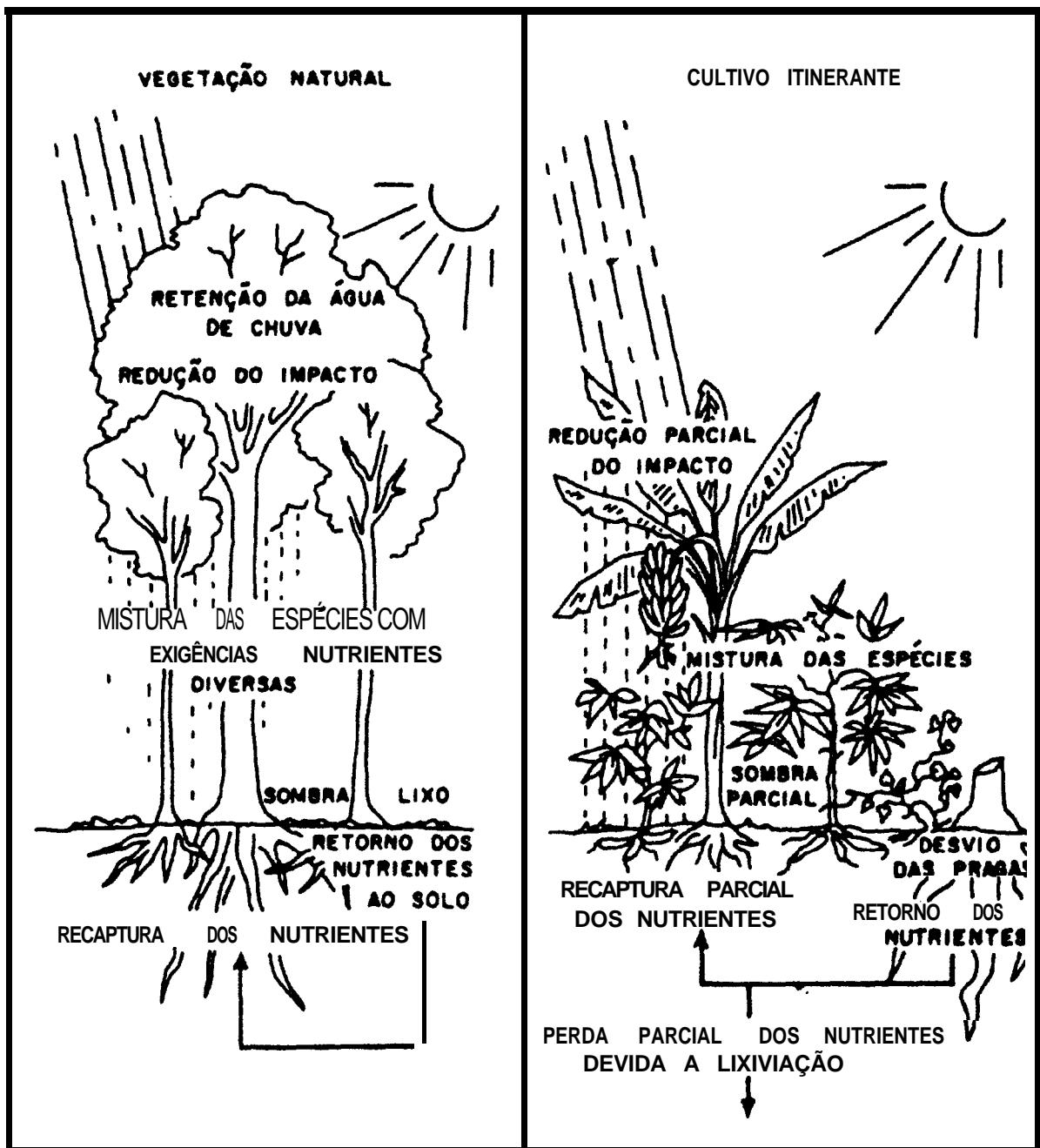


Figura 4 - Representação esquemática dos fluxos de nutrientes num ecossistema de floresta secundária e agricultura itinerante (adaptado de Meggers, 1977).

## **3 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 - Localização e caracterização da área de estudo**

O trabalho foi realizado em uma área de floresta atlântica secundária na Vila do Aventureiro localizado na Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (RBEPS). A reserva está na porção sudoeste da Ilha Grande, litoral sul do estado do Rio de Janeiro, próxima às coordenadas geográficas 23° 10' S e 44° 17' W, voltada para o mar aberto (figura 5).

A Ilha Grande faz parte de um conjunto de ilhas e ilhotas que caracterizam uma baía de mesmo nome, na região de Angra dos Reis, no litoral sul do estado do Rio de Janeiro. Trata-se de um fragmento do maciço litorâneo, isolado do continente por um canal de cerca de 2 km de largura e 80 metros de profundidade, na sua região mais funda (Delamônica, 1997). A área da ilha é de cerca de 190 km<sup>2</sup>, com um relevo bastante acidentado, sendo os Picos do Papagaio (959 m.s.m.) e a Serra do Retiro (1.031 m.s.m.) seus pontos de destaque (Maciel et al., 1984).

A RBEPS foi criada pelo Decreto Estadual nº 4972, de 02/12/1981, e abrange uma área total de 3800 ha, o que corresponde a quase 1/4 de toda a Ilha e se

encontra sob a responsabilidade da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (Araújo & Oliveira, 1988).



Figura 5 - Mapa de localização da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, Ilha Grande, Rio de Janeiro, próxima às coordenadas 23°10'S e 44° 17'W. A localização aproximada da área estudada está indicada por um X.

### **3.1.1- clima**

O clima é quente e úmido, sem estação seca definida e a temperatura média anual é de 24°C, atingindo um máximo de 27°C e um mínimo de 20°C (Magnanini et al., 1985). A caracterização climática da região, se enquadra na descrição do tipo climático Tropical Úmido Af de Köppen. Possui altas precipitações, geralmente entre 2000 e 4000 mm anuais (MME/ Projeto RadamBrasil, 1983), com maiores precipitações ocorrendo nos contrafortes da serra. A umidade relativa do ar situa-se em torno de 80% durante todo o ano (Domingues, 1976).

Não existe uma estação seca definida, o que significa uma regular distribuição de chuvas durante o ano. Esse fato indica não haver limitação ao uso agrícola por índices de evapotranspiração elevados, uma vez que a precipitação mensal mínima situa-se em torno de 100 mm e a total anual é maior do que 2000 mm, resultante de 40 anos de observação na estação meteorológica de Angra dos Reis. Ao longo dos últimos 5 anos foram realizadas medidas da pluviosidade anual através de pluviômetros instalados na sede da RBEPS. A precipitação média anual é de 1512 mm. A diferença de quase 500 mm na precipitação medida em Angra dos Reis, deve ser resultado da posição da Ilha muito próxima ao continente (figura 6).

### **3.1.2- Geologia e relevo**

A Ilha Grande, em nível geológico-regional, relaciona-se aos mesmos eventos que deram origem à Serra do Mar, à Serra da Mantiqueira e aos maciços litorâneos. A diferença é que o maciço litorâneo, a partir do qual a Ilha se originou, desenvolveu-se em um outro bloco, falhado, menor e paralelo à Serra do Mar (Lamego, 1945).

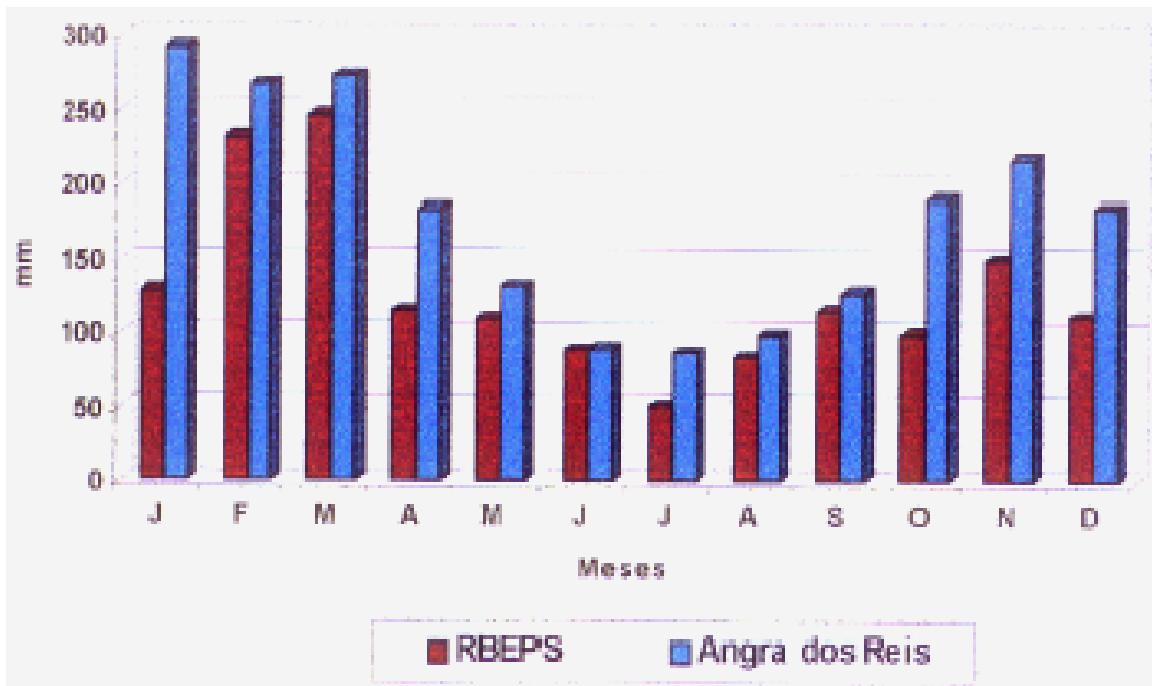


Figura 6 – Precipitação média mensal da estação meteorológica da RBEPS (médias de 5 anos) e de Angra dos Reis (médias de 40 anos).

Amador (1988) caracterizou a geologia da Ilha, constituída durante o período Pré-Cambriano, como representa por rochas metamórficas de médio a alto grau. Predominam as rochas da suíte charnocrítica (quartzitos) e granitóides porfiroblásticos da unidade Ilha, bem como diques de diabásio, basalto, olivina-diabásio e gабro, como rochas intrusivas básicas. O Quaternário é bem representado pelas deposições sedimentares nas planícies costeiras da Praia do Sul, Lopes Mendes e Parnaioca.

Os solos da ilha são, na sua maioria, litossolos, cambissolos e latossolos vermelho-amarelos, sendo pouco freqüentes os afloramentos rochosos de agnaisses e chernoquitos (Magnanini et al., 1985). A presença de matacões é marcante nas encostas. Em locais de declividade superior a 50% o horizonte A se caracteriza em termos granulométricos, pela presença de areia, que ocorre em função da remoção dos sedimentos finos pelo escoamento sub-superficial (Magnanini et al., 1985). O solo da área em que se concentrou os estudos é classificado como cambissolo, com

Declividade média de 60%, localizada numa altura média de 90 m de altitude (m.s.m.). A figura 7 mostra o aspecto do perfil topográfico da área estudada.

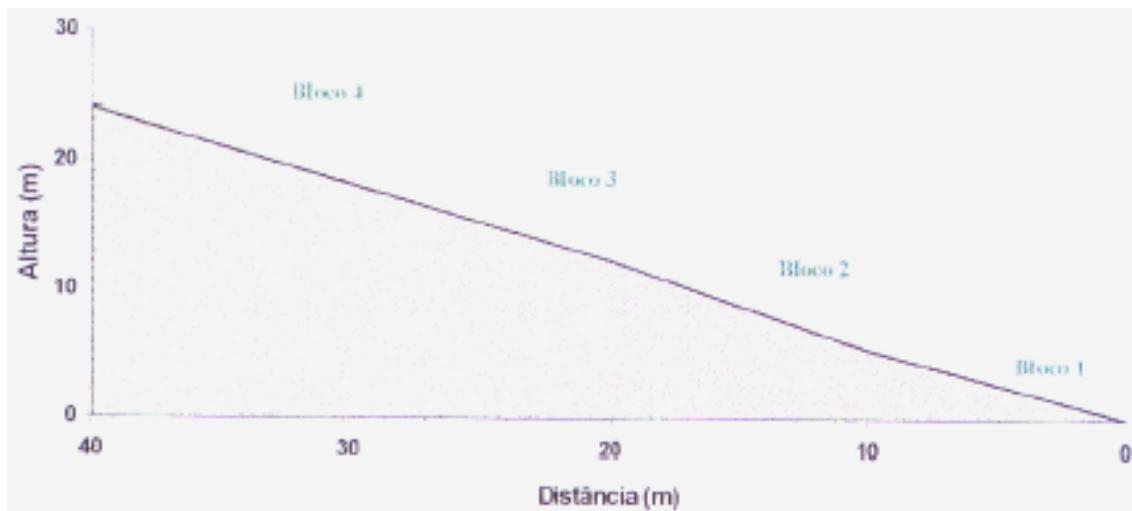


Figura 7 – Perfil do solo onde foi montado o ecossistema agrícola caiçara na RBEPS (dividido em blocos para efeito de estudo).

### 3.1.3 – Vegetação

A vegetação da Ilha grande caracterizava-se pelo domínio da floresta ombrófila densa (Ab' Sáber, 1990 e Veloso et al, 1991) desde os pontos mais altos até a planície costeira (Magnanini et al., 1985). Atualmente a parte setentrional da ilha se encontra coberta principalmente por vegetação secundária, em função da modificação ao longo de muito tempo, através da sua ocupação por grupamentos humanos pré-históricos, tribos indígenas, fazendas de café, e, recentemente, por moradores e turistas (Magnanini et al., 1985).

O estabelecimento da Reserva conseguiu manter uma parte da cobertura vegetal da Ilha Grande em bom estado de conservação. As formações vegetais que ocorrem no interior da RBEPS são o manguezal, a vegetação sobre restinga e a

floresta atlântica de encosta (Araújo & Oliveira, 1988). A mata atlântica de encosta compreende cerca de 80% da área total da Reserva, representando, aproximadamente, 2.340 ha (Araujo & Oliveira, 1988). De uma maneira geral não mais ocorrem matas primárias nas encostas da RBEPS (Magnanini et al., 1985).

### **3.1.4- Agricultura**

Na vila do Aventureiro, as roças destinam-se basicamente a cultivos de subsistência, sendo corrente a prática da policultura (mandioca, feijão, guando, inhame, abóbora, milho, arroz de sequeiro, melancia, etc.). A mandioca, o principal produto, é plantada em duas variedades (doce, para consumo direto e a rama, para fabricação de farinha). A roça ainda é complementada por produtos de consumo secundário como cará-do-ar (*Dioscorea bulbifera*) e também por invasoras comestíveis como o caruru (*Amaranthus spinosus*) e a taioba (*Calocasia antiquorum*).

Aparentemente trata-se de um sistema caótico, em que tudo é plantado sem qualquer ordem preestabelecida. Este sistema reproduz em escala reduzida a diversidade de espécies da floresta, o que contribui para o controle de pragas (Meggers, 1977). Por outro lado, a seleção de culturas também leva à redução das mesmas.

## **3.2- Caracterização geral da área**

Uma pequena porção da Reserva (0,4%) é utilizada atualmente para plantio de subsistência por uma comunidade de pescadores artesanais que habitam, há 150 anos, a Praia do Aventureiro, totalizando uma população de cerca de 100 pessoas (Villaça & Maia, 1985). A cultura caiçara é uma característica do litoral Sul do Rio de Janeiro e norte de São Paulo, que é baseada na pesca e em roças de

subsistência (Oliveira & Coelho Neto, 1996). A comunidade caiçara é, segundo Diegues (1988), uma mescla de índios e colonos portugueses.

O sistema de cultivo utilizado pelos moradores da Vila do Aventureiro tem marcada influência indígena. Comumente chamada de *coivara ou* “roça de toco”, este sistema é conhecido de longa data no país (Oliveira et al., 1995). Esta técnica consiste, basicamente, na derrubada e queima da mata para utilizar o terreno para cultivo, seguindo-se um período de pousio para restauração da fertilidade. As encostas a montante da Vila são assim manejadas há cerca de 150 anos (8 gerações), configurando, assim, um mosaico de florestas em diferentes estágios de regeneração. Segundo Toffoli (1996), na Vila do Aventureiro, o tempo médio de pousio está em torno de 4,8 anos, enquanto que o tempo médio de cultivo é de 3,7 anos.

O presente estudo foi desenvolvido em uma floresta atlântica secundária, abandonada após cultivo de diversas culturas, segundo os moradores do Aventureiro, há 5 anos.

### **3.3- Modelo**

#### **3.3.1- Forma, tamanho e distribuição das parcelas de amostragem**

Com auxílio de moradores do local foi demarcada uma área de capoeira de 640 m<sup>2</sup> (40 m x 16 m). com idade em torno dos 5 anos e, em seguida foi implantada uma roça caiçara sob orientação dos mesmos, de forma a se reproduzir fielmente todas as etapas de implantação e de manejo. A cultura instalada durante a fase de estudos foi o feijão (*Phaseolus vulgaris*), pois logo após a derrubada, os moradores normalmente realizam o plantio de feijão, inhame, melancia e/ou abóbora, que se desenvolvem junto às cinzas e restos de galhos (Toffoli, 1996). Na roça foi utilizada apenas uma cultura, devido à adaptação ao experimento, mas os costumes dos caiçaras é a utilização de policultura. A área total foi dividida, para o

estudo, em 8 parcelas de 80 m<sup>2</sup> (10 m x 8 m), particularmente para a caracterização da estrutura e estimativa da biomassa da vegetação, em cada parcela foi demarcada uma subparcela ao acaso de 20 m<sup>2</sup> (5 m x 4 m).

As amostragens para a análise da fauna edáfica e de propriedades físicas e químicas do solo foram realizadas em 4 épocas: a primeira antes da derrubada, a segunda antes do plantio, a terceira na metade do ciclo da cultura, e a quarta após a colheita. A colheita da cultura implantada foi realizada manualmente para a estimativa da sua fitomassa e produtividade.

### **3.3.2- Caracterização da vegetação da área de estudos**

A floresta existente era uma vegetação secundária com as árvores emergentes com aproximadamente 20m. Este estádio sucessional é chamado de “tingüera” pelos caiçaras e se caracteriza por espécies secundárias iniciais na sua maioria. O subbosque era pouco denso e constituido por espécies menores. O estudo foi constituído essencialmente de três partes: levantamento das espécies vegetais; medições da massa foliar e de todos os rebentos aéreos de árvores, arvoretas, arbustos e trepadeiras; e por fim análise dos bioelementos.

#### **3.3.2.1- Caracterização da estrutura**

Para a caracterização da estrutura foram amostrados os indivíduos de espécies de árvores e arbustos, com altura e diâmetro (DAP) a partir de 1,3 m e 2,5 cm, respectivamente. Esta classe de inclusão foi estabelecida em consonância com outros levantamentos fitossociológicos que vem sendo feitos na área da RBEPS. O material botânico foi coletado com o uso de tesoura de poda manual ou de poda alta, adaptada a uma vara ajustável.

Todo o material coletado foi prensado e pré-seco em estufa na própria sede da Reserva. A identificação das exsicas foi realizada no Serviço de Ecologia Aplicada da FEEMA, com o uso de bibliografia especializada e/ou por comparação com materiais depositados no herbário “Alberto Castellanos” (GUA) da FEEMA.

### **3.3.2.2- Medição e amostragem da vegetação**

Todas as espécies vegetais contidas nas sub-parcelas foram derrubadas e divididas, em dois compartimentos: materiais lentamente degradáveis (tronco e galhos grossos - > 5 cm de diâmetro) e rapidamente degradáveis (galhos finos - < 5cm de diâmetro e folhas), para o procedimento da análise dos bioelementos. Em seguida, os componentes dos compartimentos foram pesados, por meio de balanças de campo, para a avaliação de seu peso fresco. Foram coletados alíquotas de cada componente e levadas para o laboratório, para a determinação de seu respectivo peso seco e análise dos bioelementos. A vegetação restante da parcela foi derrubada, seca por 20 dias e queimada.

### **3.3.3 - Avaliação da serapilheira na superfície do solo**

Para avaliação da massa de serapilheira da vegetação secundária da camada superficial (horizonte  $O_1$ ) foi usada moldura quadrada de  $0,25\text{ m}^2$ , com 15 lançamentos aleatórios (Ohveira & Lacerda, 1993). As amostras coletadas foram, em seguida, levadas para o laboratório para a análise de peso seco e de nutrientes.

### **3.3.4- Avaliação da massa e conteúdo da cinza após a queimada**

Após a queima, foram coletadas amostras de cinza sobre a superfície do solo através de uma placa de petri, de área conhecida. Para a amostragem da massa de cinzas depositada sobre o solo foram utilizadas 50 amostras por parcela. Observou-se o máximo cuidado para evitar a contaminação das amostras com solo e com material vegetal não queimado.

### **3.3.5- Amostragem de solo**

Visando estudar a dinâmica de nutrientes na camadas do solo foram realizadas amostragem, em cada ponto de coleta (parcelas), retirando-se 10 amostras simples (Almeida et al., 1990), que posteriormente formaram 4 amostras compostas, em quatro profundidades: 0-5, 5-10, 10-20, e 20-30 cm, onde foram analisados pH, P, K, Ca, Mg, Al, H total, Na e C-orgânico (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

As amostras deformadas e indeformadas de solo foram coletadas na profundidade de aproximadamente 6 cm, nas 8 parcelas para a análise de densidade global através de anel de Kopecky; granulometria (pelo método da pipeta); densidade das partículas (Kiehl, 1979) e estabilidade de agregados segundo metodologia preconizada pela EMBRAPA/SNLCS (1979).

### **3.3.6- Avaliação de infiltração de água no solo**

Para a avaliação da velocidade de infiltração básica foi utilizada, em cada parcela, a metodologia dos anéis concêntricos, conforme recomendações da EMBRAPA/SNLCS (1979). O anel externo tinha o diâmetro de 50 cm e o interno de 25 cm, ambos com 35 cm de altura.

A velocidade de infiltração da água no solo foi expressa através da equação  $1 = kT^n + Ko$  onde 1 - velocidade de infiltração(mm/h); k - constante dependente do solo; T - tempo de infiltração (h); n - constante dependente do solo, variando entre 0 a -1 e Ko - velocidade de infiltração estabilizada (mm/h). A primeira parcela representa o declínio da velocidade com o tempo e a segunda parcela, a velocidade de infiltração estabilizada (Ravelli Neto et al., 1990).

### **3.3.7- Avaliação da fauna edáfica**

A análise da fauna edáfica foi efetuada através da coleta de 10 amostras tomadas aleatoriamente da serapilheira e do solo (primeiros centímetros do horizonte A) . Todas as coletas foram feitas entre 9:00 a 11:00 horas para efeito de comparação. A superfície amostrada foi delimitada através de um quadrado metálico com 25 cm de lado, o que corresponde a 1/16 de  $m^2$  (Correia et al., 1995). Sabendo-se da influência da sazonalidade neste tipo de estudo escolheu-se uma floresta que tivesse a mesma idade inicial situação climática, solo e topografia da área em estudo, para efeito de acompanhamento do comportamento da fauna edáfica durante as fases de estudos.

### **3.4- Análises de laboratório**

Os materiais para fins de análise das propriedade físicas do solo e da fauna edáfica foram realizados no laboratório do Departamento de Solos-UFRRJ, em Seropédica, enquanto que as análises químicas do solo, material vegetal e cinzas foram realizadas no laboratório do Campus Dr. Leonel Miranda-UFRRJ, em Campos, R.J.

### 3.4.1- Análises de solo

As análises descritas a seguir estão de acordo com as metodologias contidas no Manual de Métodos de Análises de Solo (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

**Preparo das amostras** - obteve-se a terra fina seca ao ar (TFSA) através da secagem, destorroamento e tamização a seco em peneiras de 2 mm. Já as amostras para a avaliação da estabilidade dos agregados, foram secas ao ar e separados através de peneira de 8 mm e 2 mm. As amostras para a avaliação de densidade global não sofreram nenhuma transformação.

**Fator de correção** - é obtido pela relação existente entre o peso de uma amostra seca ao ar e seca em estufa a 105° C, segundo a equação abaixo:

$$F_c = \text{peso da amostra de TFSA}/\text{peso após a estufa}$$

**Densidade global** - após a secagem da amostras na estufa a 105° C é obtido pela relação entre o peso seco e o volume do anel de Kopeck.

**Densidade das partículas** - foi obtido através do método de picnômetro (Kiehl, 1979).

**Composição granulométrica** - o teor de argila foi determinado pelo método da pipeta, que consiste em dispersão com NaOH de uma suspensão de TFSA em água destilada. Baseado na lei de Stokes pode-se obter uma alíquota purificada de argila em suspensão para determinação do seu teor, expresso em percentagem.

A determinação do teor total de areia foi realizada através do tamizamento úmido em peneiras de 0,053 mm. Após a secagem na estufa determinou-se o seu teor em percentagem.

A fração silte foi determinada pela relação abaixo:

$$\% \text{ silte} = 100 - (\% \text{ areia}) - (\% \text{ argila})$$

**Argila natural e grau de floculação** - A argila natural foi igualmente obtida pelo método da pipeta, sem a utilização do dispersante NaOH. Com isso pode-se calcular o grau de floculação da amostra:

$$GF\% = (\% \text{ argila total} - \% \text{ argila natural}) / \% \text{ argila total} \times 100$$

**Estabilidade dos agregados** - Foram usados 25 gramas de agregados contidos na peneira de 2 mm que, após umedecidos por capilaridade, foram colocados na parte superior de um conjunto de peneiras com aberturas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,105 mm de malhas e levados para um equipamento de Yoder, procedendo-se à separação por via úmida. Os agregados retidos em cada peneira foram retirados e secos em estufas a 105 °C, determinando-se logo o diâmetro médio ponderado através da expressão:

$$DMP = \text{somatório} (Cmm \times \% \text{ de agregados} / 100).$$

**pH em água** - determinado potenciometricamente na suspensão de solo-líquido 1:2,5 após tempo de contato de uma hora e agitação da suspensão antes da leitura.

**Carbono orgânico** - determinado pela oxidação da matéria orgânica com utilização de dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$  0,4N). O excesso de dicromato é titulado com sulfato ferroso amoniacial ( $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ). A percentagem de matéria orgânica é o resultado da multiplicação do teor de carbono orgânico pelo fator 1,724.

**Cálcio e magnésio trocáveis** - utilizou-se o extrator KCl 1N para obtenção do sobrenadante, do qual se extraí uma alíquota para determinação de cálcio e magnésio através da titulação com EDTA 0,025N.

Potássio e sódio trocáveis - extraídos com solução de “Norte Carolina” ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025N +  $\text{HCl}$  0,05N) e determinados por fotometria de chama.

**Fósforo assimável** - determinado por colorimetria após a extração com “Norte Carolina” e redução do complexo fosfomolibídico com ácido ascórbico em presença de sal de bismuto.

**Alumínio trocável** - extração com solução de  $\text{KCl}$  1N na proporção 1: 10 e determinado por titulação com solução 0,025N de  $\text{NaOH}$ .

**Acidez trocável (H+Al)** - o hidrogênio e alumínio são extraídos conjuntamente com acetato de cálcio a pH 7,0 e titulados com solução 0,025N de  $\text{NaOH}$ .

**Valor S** - resultado da soma de todas as bases trocáveis analisadas, ou seja:

$$S = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}^+$$

**Valor H** - expressa a acidez trocável, ou seja:

$$H = \text{H}^+ + \text{Al}^{+++}$$

**Valor T** - soma algébrica de todos os cátions trocáveis analisados. Utiliza-se esse valor como uma estimativa da Capacidade de Troca de Cátions, uma vez que outros cátions são adsorvidos em quantidades muito pequenas.

$$T = S + H$$

### 3.4.2- Análises do material vegetal e cinza

O material foi levado para o laboratório, onde foi seco, pesado e foi estimada a sua massa. Uma aliquotea foi moida, homogeneizada e submetida à análise química. A análise química foi realizada através de digestões sulfúrica

(Braga, 1980) e nitro-perclórica (Bataglia et al., 1983), sendo determinados os parâmetros: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco, e manganês. De posse desses resultados foram calculados os estoques de nutrientes e os resultados expressos em kg/ha.

### **3.4.3. Análise da fauna edáfica**

No laboratório, após a coleta, as amostras foram submetidas a uma bateria de extratores do tipo Berlese-Tullgrén por um período de 15 dias, ao fim do qual procedeu-se a triagem da fauna edáfica com lupa binocular, ao nível de grandes grupos taxonômicos atuantes no conjunto serapilheira-solo da área em estudo. A partir destes dados foram calculadas as médias, estimando o número de indivíduos por metro quadrado e o respectivo erro padrão a partir dos quais foram estudadas a abundância e a riqueza. Essas duas medidas fornecem apenas uma visão parcial da presença dos organismos na comunidade (Correia, 1997). Neste tipo de extrator, a Iâmpada (40W) atua como fonte de calor, provocando um ressecamento superficial, induzindo os animais a migrarem para baixo. Após a extração finalizada (15 dias), o material de serapilheira foi recuperado, seco até peso constante a 60 °C e então pesado com finalidade de estimar a quantidade de serapilheira ( $t.ha^{-2}$ ).

Para facilitar a análise os artrópodos foram reunidos nos seguintes grupos funcionais: saprófagos (Psocoptera, Isopoda, Diplopoda, Blattaria, Diplura, Symphyla e Dermaptera), predadores (Mantodea, Aranea, Chilopoda e Hymenoptera), larvas (larvas de Diptera, Coleoptera e Lepidoptera), insetos sociais (Formicidae e Isoptera), outros (Coleoptera e Thysanoptera), micrófagos (Collembola) e artrópodos não edáficos (Diptera, Homoptera, Hemiptera, Trichoptera e Lepidoptera).

### **3.4.4- Colheita da cultura e amostragem**

O feijão foi cultivado em parcelas de 10m de comprimento e 8m de largura, com bordaduras de 1,5m nas extremidades. O plantio foi feito (22/02/97) em covas com auxílio de uma enxada, a uma densidade de, aproximadamente, 5 sementes por covas. Aos 70 dias após o plantio (01/05/97) fez-se à coleta de uma amostra de plantas, em duas subparcelas de 1m x 0,5m por parcela, retirando-se apenas a parte aérea onde dividiu-se em folha, haste e vagem. Em seguida foram secadas em estufa a 60°C, moídas e analisadas.

A colheita, aos 90 dias do plantio (21/05/97), foi feita manualmente por parcela. Após a colheita o material por inteiro foi transportado para o terreiro da casa do dono da roça onde procedeu-se a secagem e debulha dos grãos. Logo após efetuou-se amostragem de haste, casca da vagem e grão por parcela de cultivo, onde também foram secas na estufa de 60°C, moídas e analisadas.

### **3.5- Análise estatística**

Os dados das propriedades químicas e físicas foram submetidas aos testes de normalidade e homogeneidade, aqueles que não enquadram no teste foram transformados para o efeito de análise de variância e aplicação do teste t de Student, para a comparação das médias. Em particular os dados dos testes de infiltração foram submetidos a análise de regressão, com aplicação do teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade para a comparação dos parâmetros da regressão.

Os resultados da fauna foram submetidos à análise multivariada utilizando-se a técnica de componentes principais e dos coeficientes (Massot & Cancela da Fonseca, 1986). A análise de componentes principais, envolveu os seis grupos funcionais, permitindo avaliar a dissimilaridade das populações por

## 4 · RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1- Inventário das espécies

Preliminarmente à determinação da biomassa, foi feito o levantamento da estrutura da vegetação secundária, encontrando-se um total de 16 espécies de 10 famílias com altura e diâmetros superiores a 1,3 m e 25 cm, respectivamente e excluídos as pteridófitas e cipós (tabelas 1 e 2). Estes dois últimos grupos, embora não tenham participado do levantamento da estrutura, tiveram a sua biomassa estimada. Não se constatou, na área estudada, a presença de gramíneas. Melastomataceae foi a família mais rica (25%), com 4 espécies seguida de Monimiaceae, Piperaceae e Solanaceae (todas com 12,5 %), com 2 espécies cada. Estas famílias agrupam 62,5 % do total de espécies observadas.

A presença mais freqüente observada foi das espécies *Piper arboreum*, *Miconia calvencens*, *Siparuna erythrocarpa* e *Schinus terebenthifolius*, cuja ocorrência foi constatada em mais de 50% das parcelas (tabela 3). Em levantamento flotístico anterior, realizado também na RBEPS, Araújo & Oliveira (1988) e Delamônica (1997) observaram que a família Melastomataceae está entre as famílias mais freqüentes na área. Segundo Tabarelli et al. (1994) esta família funciona como característica dos primeiros estágios de sucessão, por exemplo os gêneros Miconia e

*Tibouchina* são, na sua maioria, heliófitas obrigatórias e por isto não se perpetuam em áreas em estágio mais tardio de regeneração.

Espécies pertencentes à família das leguminosas não foram amostradas apesar do elevado número de espécies que compõem esta família e de serem freqüentes nos estágios iniciais da sucessão na RBEPS (Delamônica, 1997).

Tabela 1 - Espécies e famílias encontradas na área de estudo de floresta atlântica secundária. na RBEPS (Ilha Grande-RJ).

Espécies	Família
<i>Schinus terebenthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae
<i>Rollinia</i> sp	Annonaceae
<i>Peschiera</i> sp	Apocynaceae
<i>Caseria sylvestris</i> var. <i>sylvestris</i> SW.	Flacourtiaceae
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naud	Melastomataceae
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae
<i>Miconia calvescens</i> DC	Melastomataceae
<i>Miconia</i> sp	Melastomataceae
<i>Siparuna ariane</i> V. L. Pereira	Monimiaceae
<i>Siparuna erythrocarpa</i> A. DC.	Monimiaceae
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	Piperaceae
<i>Piper rivinoides</i> Kunth	Piperaceae
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Sapindaceae
<i>Solanum carautae</i> Carvalho	Soianaceae
<i>Capisicum schottianum</i> Sendt.	Solanaceae

Tabela 2 - Número e riqueza de espécies por família amostradas na área de estudo de floresta atlântica secundária na RBEPS (Ilha Grande-RJ).

Família	Número	%
Melastomataceae	4	25
Solanaceae	2	12,5
Piperaceae	2	12,5
Monimiaceae	2	12,5
Sapindaceae	1	6,25
Moraceae	1	6,25
Flacourtiaceae	1	6,25
Apocynaceae	1	6,25
Annonaceae	1	6,25
Anacardiaceae	1	6,25
Total	16	---

**Tabela 3** - Número de parcelas em que se constatou a presença de espécies.

Espécies	Família	Núm*	Parc.	% Núm*
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	Piperaceae	8	100,0	
<i>Miconia calvescens</i> DC.	Melastomataceae	7	87,5	
<i>Siparuna erythrocarpa</i> A. DC.	Monimiaceae	4	50,0	
<i>Schinus terebenthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	4	50,0	
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn	Melastomataceae	3	37,5	
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae	3	37,5	
<i>Miconia</i> sp	Melastomataceae	3	37,5	
<i>Caseria syvestris</i> var. <i>sylvestris</i> SW.	Flacourtiaceae	3	37,5	
<i>Solanum carautae</i> Carvalho	Solanaceae	2	25,0	
<i>Piper rivinoides</i> Kunth	Piperaceae	2	25,0	
<i>Rollinia</i> sp	Annonaceae	1	12,5	
<i>Capisicum schottianum</i> Sendt.	Solanaceae	1	12,5	
<i>Peschiera</i> sp	Apocynaceae	1	12,5	
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC) Naud.	Meiastomataceae	1	12,5	
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Sapindaceae	1	12,5	
<i>Siparuna ariane</i> V. L. Pereira	Monimiaceae	1	12,5	

\* Número máximo: 8 parcelas

#### 4.2 · Densidade

Classificando-se as famílias segundo suas densidades, ou seja, segundo o número de indivíduos por unidade de área (tabela 4) vê-se com nitidez a destacada importância das Melastomataceae para a composição florística da vegetação secundária: 39,6 % do total de indivíduos constituem-se de Melastomataceae. Após as Melastomataceae, seguem-se por ordem de importância as Piperaceae (31,6 %) e Monimiaceae (6,6 %). As três famílias mais importantes são responsáveis por 77,8 % do total de indivíduos.

Em toda a área de levantamento, constatou-se como espécie dominante a *Miconia calvescens*, com 30,3 % do total de indivíduos (tabela 5). Seguem-se-lhe a *Piper arboreum* (27,6 %), *Schinus terebenthifolius* (5,3 %), *Siparuna erythrocarpa*

(5,3 %) e *Ficus insipida* (5,3 %). Estas cinco espécies constituíram 73,8 % do total de indivíduos.

**Tabela 4** - Abundâncias absolutas e relativas das famílias por hectare (médias das 8 parcelas).

Família	Abundância	
	Ind./ha	%
Melastomataceae	1876	39,6
Piperaceae	1401	31,6
Monimiaceae	312	6,6
Moraceae	250	5,3
Anacardiaceae	250	5,3
Flacourtiaceae	188	4,0
Solanaceae	187	3,9
Sapindaceae	62	1,3
Apocynaceae	62	1,3
Annonaceae	62	1,3
Total	4750	—

**Tabela 5** - Abundâncias absolutas e relativas das espécies por hectare (médias das 8 parcelas).

Espécies	Família	Abundância	
		Ind./ha	%
<i>Miconia calvescens</i> DC.	Melastomataceae	1438	30,3
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	Piperaceae	1313	27,6
<i>Schinus terebenthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	250	5,3
<i>Siparuna erythrocarpa</i> A. DC.	Monimiaceae	250	5,3
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae	250	5,3
<i>Caseria sylvestris</i> var. <i>sylvestris</i> SW.	Flacourtiaceae	188	4,0
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae	188	4,0
<i>Miconia</i> sp	Melastomataceae	188	4,0
<i>Piper rivinoides</i> Kunth	Piperaceae	188	4,0
<i>Solanum carautae</i> Carvalho	Solanaceae	125	2,6
<i>Peschiera</i> sp	Apocynaceae	62	1,3
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naud.	Melatomataceae	62	1,3
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Sapindaceae	62	1,3
<i>Siparuna ariane</i> V. L. Pereira	Monimiaceae	62	1,3
<i>Rollinia</i> sp	Annonaceae	62	1,3
<i>Capisicum schottianum</i> Sendt.	Solanaceae	62	1,3
<b>Total</b>	--	4750	

## 4.3 · Estoque de fitomassa e bioelementos

### 4.3.1- Fitomassa

Classificando-se as famílias segundo a respectiva participação na fitomassa, constatou-se que as Melastomataceae colocam-se em primeiro lugar, com 36,6 % da fitomassa total (tabela 6) seseguidas das Solanaceae (13,7 %), Moraceae (12,1 %), Anacardiaceae (10,1 %) e Apocynaceae (9,7). As cinco famílias mencionadas representam 82,2 % da fitomassa total da área em estudo.

Na área em estudo, a espécie dominante é *Tibouchina granulosa*, com 19,1% da fitomassa total (tabela 7). Seguem-se *Solarium carautae* (12,8 %), *Ficus insipida* (12,1 %), *Schinus terebenthifolius* (10,1 %) e *Peshiera sp* (9,7 %). Ao todo, estas cinco espécies correspondem a 63,8 % da fitomassa total.

Quanto à sua fitomassa, as espécies contribuem por ordem de importância, em primeiro lugar, de acordo com sua massa lenhosa que corresponde ao compartimento lentamente degradável (tronco e galho grosso). As maiores massas foliares ficaram com *Piper arboreum*, *Tibouchina granulosa* e *Solanum carautae* (tabela 7). Segundo Golley (1978) muitas diferenças podem ser observadas quanto à distribuição da biomassa nos vários compartimentos (parte aérea, raízes e serapilheira) dependendo do ecossistema.

A massa de serapilheira foi de 5,16 t/ha (cv = 51,9 %). Em levantamento anterior, realizado também na RBEPS, Oliveira et al. (em submissão) estudando cinco estágios sucessionais, observaram na vegetação secundária de 3; 10; 25; 50 e 150 anos, valores de 5,04; 5,03; 5,16; 5,14 e 5,16 t/ha, respectivamente.

Tabela 6 - Fitomassa total absoluta e relativa das famílias por hectare em floresta atlântica secundária, na RBEPS (Ilha Grande-RJ).

Família	Fitomassa	
	kg/ha	%
Melastomataceae	23535	37,0
Solanaceae	8823	14,0
Moraceae	7780	12,0
Anacardiaceae	6491	10,5
Apocynaceae	6231	10,0
Piperaceae	5776	9,0
Flacourtiaceae	2341	4,0
Monimiaceae	1200	2,0
Sapindaceae	300	1,0
Annonaceae	120	0,5
Total	62597	--

Tabela 7 - Fitomassa total absoluta e relativa das espécies por hectare divididos em compartimentos: lentamente degradável (tronco e galho grosso) e rapidamente degradável (galho fino e folha) e da serapilheira.

Espécies	Tronco	G. grosso	G. fino	Folha	Fitomassa	
					kg/ha	%
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	9850	1069	844	545	12308	19,1
<i>Solanum carautae</i> Carvalho	5606	1506	681	437	8230	12,8
<i>Ficus insipida</i> Willd.	5700	840	813	427	7780	12,1
<i>Schinus terebenthifolius</i> Raddi	3922	1544	825	200	6491	10,1
<i>Peschiera</i> sp	2994	2419	506	312	6231	9,7
<i>Miconia SQ</i>	4275	706	394	381	5756	9,0
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	2848	--	1350	845	5043	7,8
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naud.	4100	500	344	75	5019	7,8
<i>Caseria sylvestris</i> var. <i>sylvestris</i> SW.	1753	75	394	119	2341	3,6
Cipó *	1551	--	--	92	1643	2,6
<i>Piper rivinoides</i> Kunth	382	63	200	88	733	1,1
<i>Siparuna erythrocarpa</i> A. DC.	424	--	163	56	643	1,0
<i>Capisicum schottianum</i> Sendt	156	106	250	81	593	0,9
<i>Siparuna ariane</i> V.L. Pereira	313	56	107	81	557	0,9
<i>Miconia calvescens</i> DC.	216	87	116	33	452	0,7
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	75	--	194	31	300	0,5
<i>Rollinia</i> sp	51	--	38	31	120	0,2
Samambaia*	--	--	--	34	34	0,1
Subtotal	44216	8971	7219	3868	64274	--
Serapilheira	--	--	--	---	5166	--

\* Não Foi possível a identificação das espécies

#### **4.3.2- Concentração de bioelementos**

Retirando-se a água, a matéria seca que constitui a biomassa é formada principalmente por esqueletos de carbono e o restante por nutrientes, cuja concentração varia com a espécie, sua fase de desenvolvimento, seu estado nutricional, características edafoclimáticas e com o órgão do vegetal (Larcher, 1986). A concentração de bioelementos apresenta diferenças de uma espécie para outra (tabela 8; 9; 10 e 11). Em sua maioria, os valores oscilam dentro de uma ordem de grandeza específica para cada elemento, mas também constatou-se a ocorrência de concentração além destes limites, com valores elevados a muito elevados. Esta observação diz respeito principalmente aos valores observados para os elementos Fe, Cu, Zn e Mn.

Em consonância com a expectativa, as concentrações dos elementos no material foliar são superiores às observadas nos demais órgãos das plantas. De maneira geral, a ordem relativa da concentração de nutrientes foi folhas > galho fino > galho grosso > tronco. Silva (1982) verificou que o teor de nutrientes dos vários órgãos das árvores decresce na seqüência: folhas, galhos menores, galhos maiores e tronco. Na fase inicial do crescimento, a maior parte dos nutrientes está contida nas folhas. À medida que a idade das folhas aumenta, seu peso seco e o teor de nutrientes varia, ocorrendo uma translocação de nutrientes de órgãos senescentes para regiões de crescimento da árvore (Haag, 1985).

**Tabela 8** - Concentração de bioelementos do material foliar das espécies encontradas na área do estudo.

Espécies	N	P	K	Ca	Mg mg/g MS	Fe	Cu	Zn	Mn
<i>Peschiera</i> sp	36,7	2,4	28,9	14,4	7,2	0,18	0,008	0,038	0,275
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naud.	29,0	2,2	14,2	9,8	4,8	0,16	0,012	0,080	0,065
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	32,4	3,6	30,7	13,8	7,2	0,16	0,020	0,046	0,460
<i>Siparuna ariane</i> V.L. Pereira	16,8	2,0	17,7	3,4	2,0	0,14	0,008	0,038	0,445
<i>Schinus terebenthifolius</i> Raddi	20,9	2,4	21,4	12,2	2,9	0,16	0,009	0,030	0,076
<i>Rollinia</i> sp	36,1	4,4	55,2	13,0	8,4	0,26	0,016	0,066	0,450
<i>Caseria sylvestris</i> var. <i>sylvestris</i> SW.	26,1	2,1	29,4	10,0	3,2	0,143	0,009	0,048	0,110
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	25,3	2,0	33,4	9,2	4,0	0,166	0,010	0,050	0,055
<i>Miconia calvescens</i> DC.	20,9	2,0	11,6	15,0	3,1	0,172	0,011	0,044	0,039
<i>Miconia</i> sp	19,3	1,7	22,4	17,4	2,5	0,15	0,009	0,035	0,085
<i>Siparuna erythrocarpa</i> A. DC.	26,8	2,6	33,5	14,2	6,9	0,18	0,010	0,053	0,057
<i>Ficus insipida</i> Willd.	25,4	6,8	28,5	25,3	6,0	0,14	0,008	0,032	0,083
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	22,0	3,9	30,2	21,5	4,8	0,226	0,009	0,038	0,097
<i>Piper rivinoides</i> Kunth	23,4	1,8	14,6	12,9	2,2	0,17	0,016	0,026	0,215
<i>Solanum carautae</i> Carvalho	39,4	3,6	34,9	7,9	4,7	0,18	0,012	0,120	0,292
<i>Capisicum schottianum</i> Sendt.	37,1	2,8	32,5	5,2	4,0	0,15	0,008	0,054	0,270
Samambaia *	24,3	6,9	21,6	10,5	4,4	0,39	0,008	0,055	0,080
Cipó *	25,6	2,7	30,5	12,9	3,8	0,17	0,008	0,060	0,080
<b>Média</b>	<b>27,1</b>	<b>3,1</b>	<b>27,3</b>	<b>12,7</b>	<b>4,6</b>	<b>0,183</b>	<b>0,010</b>	<b>0,050</b>	<b>0,179</b>

\* Não foi possível a identificação das espécies.

**Tabela 9** - Concentração de bioelementos nos galhos finos das espécies encontradas na área do estudo.

Espécies	N	P	K	Ca	Mg mg/g MS	Fe	Cu	Zn	Mn
<i>Peschiera</i> sp	11,9	2,3	12,9	5,0	1,4	0,10	0,012	0,038	0,045
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naud.	10,4	2,4	10,3	16,6	2,2	0,06	0,008	0,088	0,240
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	4,4	0,7	9,1	2,6	0,8	0,11	0,008	0,002	0,070
<i>Siparuna ariane</i> V.L. Pereira	6,3	1,2	9,7	4,6	1,0	0,12	0,008	0,028	0,240
<i>Schinus terebenthifolius</i> Raddi	5,0	1,2	15,0	3,8	0,6	0,06	0,008	0,010	0,017
<i>Rollinia</i> sp	3,7	0,7	12,2	1,8	0,6	0,04	0,008	0,016	0,185
<i>Caseria sylvestris</i> var. <i>sylvestris</i> SW.	6,8	1,2	12,6	5,3	0,7	0,07	0,012	0,020	0,077
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	8,2	1,3	13,0	6,0	0,9	0,08	0,010	0,022	0,080
<i>Miconia calvescens</i> DC.	5,0	0,6	11,9	6,9	1,9	0,07	0,008	0,016	0,260
<i>Miconia</i> sp	5,3	0,8	11,3	7,1	0,6	0,06	0,008	0,012	0,060
<i>Siparuna erythrocarpa</i> A. DC.	5,6	1,1	14,9	5,3	0,9	0,06	0,008	0,021	0,043
<i>Ficus insipida</i> Willd.	5,8	0,9	11,6	7,3	1,7	0,05	0,008	0,015	0,020
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	7,4	1,3	16,5	4,4	1,3	0,07	0,009	0,020	0,047
<i>Piper rivinoides</i> Kunth	7,8	1,6	7,7	12,5	1,0	0,05	0,008	0,015	0,080
<i>Solanum carautae</i> Carvalho	8,5	1,5	11,6	6,9	1,1	0,06	0,010	0,062	0,050
<i>Capisicum schottianum</i> Sendt.	5,1	1,0	15,6	9,4	3,0	0,05	0,008	0,014	0,015
Samambaia *	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cipó *	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>Média</b>	<b>6,7</b>	<b>1,2</b>	<b>12,2</b>	<b>6,6</b>	<b>1,2</b>	<b>0,07</b>	<b>0,008</b>	<b>0,026</b>	<b>0,095</b>

\* Não foi possível a identificação das espécies.

**Tabela 10** - Concentração de bioelementos nos galhos grossos das espécies encontradas na área do estudo.

Espécies	N	P	K	Ca	Mg mg/g MS	Fe	Cu	Zn	Mn
<i>Peschiera</i> sp	8,9	0,7	10,3	5,2	1,4	0,150	0,012	0,022	0,030
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naud	5,9	0,9	8,6	12,4	1,0	0,070	0,012	0,036	0,095
<i>Cupania oblongifolia</i> Man.	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Siparuna ariane</i> V.L. Pereira	7,0	0,8	9,1	11,2	1,2	0,120	0,008	0,032	0,210
<i>Schinus terebenthifolius</i> Raddi	5,3	1,0	12,6	8,6	1,2	0,125	0,010	0,013	0,045
<i>Rollinia</i> sp	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Caseria sylvestris</i> var. <i>sylvestris</i> SW.	3,9	0,7	9,1	6,0	0,6	0,090	0,008	0,010	0,060
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	4,8	0,6	8,6	12,8	0,8	0,050	0,012	0,008	0,060
<i>Miconia calvescens</i> DC.	4,7	0,6	10,0	5,1	1,7	0,090	0,008	0,014	0,366
<i>Miconia</i> sp	5,0	0,5	8,9	12,4	1,2	0,080	0,008	0,012	0,065
<i>Siparuna erythrocarpa</i> A. DC.	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Ficus insipida</i> Willd.	6,9	1,0	11,1	7,1	1,6	0,055	0,008	0,010	0,017
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	3,4	1,3	15,6	3,4	0,6	0,080	0,008	0,010	0,030
<i>Piper rivinoides</i> Kunth	9,9	1,9	6,8	8,8	1,0	0,090	0,008	0,012	0,060
<i>Solanum carautae</i> Carvalho	5,2	2,4	11,3	5,6	1,4	0,060	0,008	0,073	0,067
<i>Capisicum schottianum</i> Sendt.	6,0	1,7	12,2	3,4	1,2	0,130	0,008	0,040	0,055
Samambaia *	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cipó *	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>Média</b>	<b>5,9</b>	<b>1,1</b>	<b>10,3</b>	<b>7,8</b>	<b>1,1</b>	<b>0,091</b>	<b>0,009</b>	<b>0,022</b>	<b>0,089</b>

\* Não foi possível a identificação das espécies.

**Tabela 11** - Concentração de bioelementos nos troncos das espécies encontradas na área do estudo.

Espécies	N	P	K	Ca	Mg mg/g MS	Fe	Cu	Zn	Mn
<i>Peschiera</i> sp	10,2	0,9	6,6	3,6	1,0	0,050	0,012	0,012	0,020
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naud	3,0	1,0	4,3	4,0	0,8	0,150	0,008	0,024	0,140
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	4,9	0,7	6,0	2,4	0,8	0,080	0,008	0,024	0,040
<i>Siparuna ariane</i> V.L. Pereira	4,4	1,1	7,9	5,8	0,8	0,100	0,008	0,032	0,100
<i>Schinus terebenthifolius</i> Raddi	3,6	1,0	9,4	5,5	0,7	0,083	0,008	0,014	0,025
<i>Rollinia</i> sp	4,5	0,6	8,1	2,6	0,8	0,100	0,012	0,018	0,390
<i>Caseria sylvestris</i> var. <i>sylvestris</i> SW.	4,0	0,9	7,2	9,4	1,3	0,056	0,008	0,036	0,150
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	5,4	0,8	10,5	8,7	0,9	0,045	0,009	0,026	0,012
<i>Miconia calvescens</i> DC.	5,1	0,6	7,3	8,7	1,4	0,078	0,008	0,022	0,030
<i>Miconia</i> sp	5,0	0,6	6,7	12,8	0,9	0,070	0,009	0,022	0,026
<i>Siparuna erythrocarpa</i> A. DC.	6,0	0,9	9,1	6,1	0,9	0,062	0,009	0,036	0,040
<i>Ficus insipida</i> Willd.	3,8	0,9	9,6	8,2	1,6	0,050	0,008	0,014	0,020
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	5,8	1,0	13,9	3,2	1,0	0,080	0,008	0,016	0,034
<i>Piper rivinoides</i> Kunth	7,3	1,4	3,3	7,3	0,5	0,080	0,010	0,013	0,040
<i>Solanum carautae</i> Carvalho	8,8	1,9	9,1	12,5	3,4	0,080	0,008	0,094	0,085
<i>Capisicum schottianum</i> Sendt.	3,7	0,9	4,6	4,6	2,2	0,170	0,008	0,044	0,025
Samambaia *	--	-	--	--	--	--	--	--	--
Cipó *	8,4	1,5	14,6	10,3	1,5	0,096	0,010	0,063	0,136
<b>Média</b>	<b>5,5</b>	<b>1,0</b>	<b>8,1</b>	<b>6,8</b>	<b>1,2</b>	<b>0,084</b>	<b>0,008</b>	<b>0,030</b>	<b>0,077</b>

\* Não foi possível a identificação das espécies.

#### **4.4- Reservas de bioelementos da vegetação secundária**

Em agroecossistemas tropicais, a principal função da fase de pousio florestal, consiste na acumulação de nutrientes na parte aére fitomassa, de modo a possibilitar uma fase de cultivo a partir da sua queima. No entanto, as reservas de bioelementos da vegetação devem ser consideradas juntamente com as do solo e da serapilheira, pois somente assim se poderá obter um quadro completo do potencial de bioelementos da vegetação secundária.

Na tabela 12, as reservas de macrobioelementos (com exceção do N) da área estudada de vegetação secundária estão apresentadas por compartimentos separados. Em relação aos dados referidos, deve-se considerar que os teores de P, K, Ca e Mg, no solo representam unicamente a parte extraível, ao contrário do que sucede em relação aos teores totais nas plantas. A título complementar, também estão arroladas as reservas de matéria orgânica, compreendida, em relação a vegetação e a serapilheira, como a massa de material vegetal e, quanto ao solo, como a matéria orgânica calculada com base no teor de carbono orgânico na mesma.

A participação dos compartimentos nas reservas de bioelementos da área estudada de vegetação secundária está ilustrada na figura 8. No estágio de sucessão no momento do estudo, as maiores parcelas percentuais das reservas de bioelementos, nos sítios de vegetação secundária, foram constatadas no solo (0-30 cm), com 70 a 85 % das reservas de MO, Ca e Mg, assim como na vegetação de 60 a 82 % dos de P e K. De modo geral, a acumulação de matéria orgânica em ecossistemas tropicais situa-se entre 300 e 400 t/ha e é governada pelas condições climáticas, edáfi cas e associações botânicas que ocorrem no ecossistema (Fassbender, 1985). Nota-se de um modo geral, que o compartimento tronco foi o que apresentou, função da sua grande biomassa, o maior conteúdo dos macrobioelementos (P, K, Ca e Mg), seguido de folha, galho grosso e galho fino.

Segundo Lugo et al. (1990) dependendo das características da camada de serapilheira formada por cada espécie arbórea, haverá diferenças na concentração e disponibilidade de nutrientes no solo. As folhas em geral estão em maior proporção e apresentam a maior taxa de decomposição (Fassbender, 1993).

A massa florestal parece ter um comportamento com tendência unificada e fatores topográficos não acarretam em modificação na transferência dos elementos. Oliveira & Lacerda (1993) não encontraram diferenças significativas na transferência de Na, Ca, Mg, K e Pb da vegetação para o solo através da queda anual de serapilheira em locais com diferentes declividades. A alta concentração na serapilheira de alguns elementos, pode ser devido a contaminações pelo solo através da atividade de microrganismos e borrifos de chuva (Golley, 1978).

Tabela 12 - Reserva de matéria orgânica e macroelementos (com exceção do nitrogênio) na área estudada de vegetação secundária, diferenciadas por compartimentos.

Compartimento		MO	P	K	Ca	Mg
		t/ha			kg/ha	
Solo	0-5cm	25	2,55	89,80	400,0	132,0
	5-10cm	21,5	1,80	68,80	280,0	102,0
	10-20cm	38	3,40	123,80	460,0	168,0
	20-30cm	36	2,40	111,10	440,0	168,0
Total do solo		120,5	10,15	393,50	1580,0	570,0
Serapilheira		5,16	6,20	33,0	130,50	14,40
Tronco		44,22	44,20	358,0	300,70	53,0
Galho grosso		8,97	9,90	92,40	69,90	9,90
Galho fino		7,22	8,70	88,10	47,70	8,70
Folha		3,87	11,9	105,70	49,10	17,80
Vegetação		64,27	74,70	644,20	467,40	89,40
Vegetação + Serapilheira		69,43	80,90	677,20	597,90	103,80
Total		189,93	91,05	1070,70	2177,90	673,80

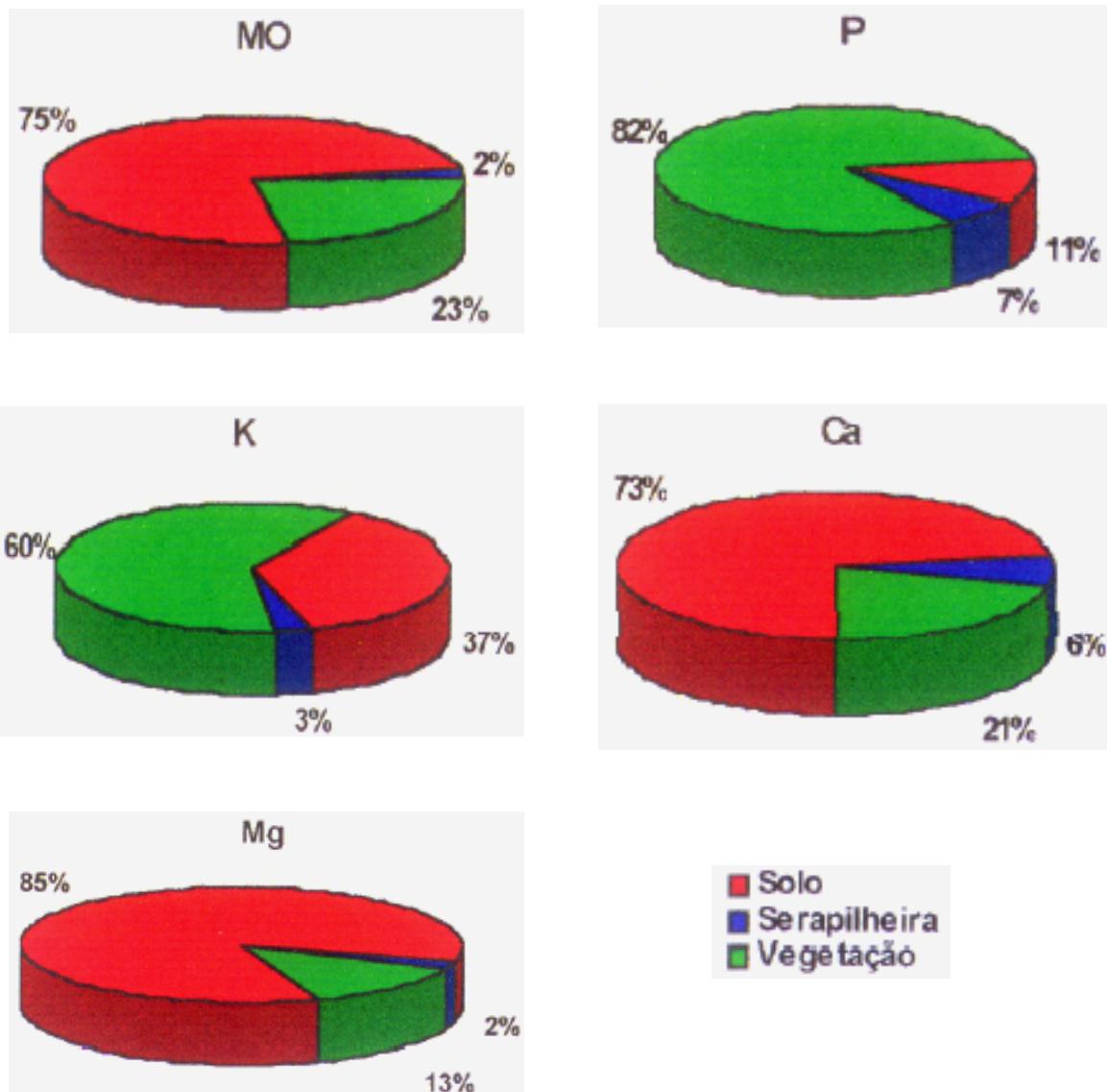


Figura 8 - Distribuição relativa de matéria orgânica e dos elementos P, K, Ca E Mg p  
compartimento de vegetação secundária, na RBEPS (Ilha Grande-RJ).

#### 4.5 - Composição das cinzas

A queima da floresta secundária produziu em média 6,95 t/ha de cinzas. O nutriente encontrado em maior proporção nas cinzas foi o cálcio seguido pelo potássio (tabela 13). A quantidade de cinzas obtida foi maior que a verificada por Hernani et al. (1987), sendo também a sua constituição nutricional mais elevada do que a observada por esses autores. Smyth & Bastos (1984), em Manaus, encontraram nas cinzas de floresta primária a quantidade de 80 kg de N /ha; 82 kg de Ca/ha; 22 kg de Mg/ha; 19 kg de K/ha e 6 kg de P/ha, enquanto Teixeira & Bastos (1989), também em Manaus, registraram 7,8 1% de Ca; 2,3 1% de Mg; 2,5 1% de K e 0,5 1% de P, correspondendo, respectivamente, 286; 85; 92 e 19 kg/ha.

Tabela 13 - Composição química da biomassa da floresta secundária e das cinzas produzidas pela queima da sua parte aérea e da serapilheira, na RBEPS (Ilha Grande - RJ).

Nutrientes	Biomassa					Cinza kg.ha <sup>-1</sup>	% *
	Folha	Galho fino	Galho grosso	Tronco	Serap.		
			kg.ha <sup>-1</sup>				
<b>N</b>	104	60,1	42,6	243	7,2	29,19	6,4
<b>P</b>	11,9	8,7	9,9	44,2	6,2	54,9	67,9
<b>K</b>	105,7	88,1	92,4	358	33	288,4	42,6
<b>Ca</b>	49,1	47,7	69,9	300,7	130,5	458,7	76,7
<b>Mg</b>	17,8	8,7	9,9	53	14,4	72,98	70,3
<b>Fe</b>	0,71	0,65	0,66	3,7	0,16	4,65	78,9
<b>Cu</b>	0,04	0,08	0,07	0,39	0,05	0,32	50,8
<b>Zn</b>	0,20	0,24	0,16	3,4	0,26	1,70	39,9
<b>Mn</b>	0,70	0,60	0,64	3,4	2,3	5,7	74,6

\* Porcentagem em relação à biomassa (folha, galho fino, galho grosso, tronco e serapilheira).

## 4.6- Solos

### 4.6.1- Propriedades físicas

Os resultados obtidos nas determinações das propriedades físicas (granulometria; densidade do solo e das partículas; porosidade, estabilidade dos agregados e a velocidade de infiltração de água no solo) encontram-se nas tabelas 14, 15 e 16 e figuras 9 e 10. Comumente se crê que a derrubada e queima são a causa da deterioração das propriedades físicas do solo. Mas as evidências indicam que este efeito depende das propriedades de cada solo. A análise granulométrica do solo sob floresta (0-6 cm de profundidade) indicou a dominância da fração areia, representando em média cerca de 54%, com 10% de silte e 36% de argila, o que o enquadra na classificação textural em argila arenosa (tabela 14). O conhecimento das proporções das frações argila, silte e areia é muito importante para o planejamento do uso e manejo dos solos. Fazendo-se a comparação entre a composição textural do solo nos dois momentos (sob ecossistema de floresta secundária e roça), observou-se que a fração areia total foi menor, passando de 54% para 48%, e na mesma proporção a argila total foi maior, de 36% para 43%. No entanto, as diferenças nos teores da areia total e argila não chegaram a influenciar na classificação textural do solo.

Ao longo do perfil topográfico subdividido em blocos, observa-se que em todos os blocos (figura 9) a floresta apresentou teores de areia mais altos e teores de argila mais baixos do que a roça, provavelmente devido à variabilidade espacial e/ou a topografia accidentada (60% de declividade) e a diminuição da taxa de infiltração (figura 10a que propiciou a erosão superficial, com exceção ao bloco 1 onde a área se aplaina. O escorramento superficial é freqüentemente maior após uma queima, devido à redução de perdas de água por transpiração, formação de crostas superficiais, redução de macroporos, repelência do solo à água e aumento da

quantidade de água que atinge a superfície, por causa da eliminação da cobertura vegetal (Santos et al., 1992). Segundo Hadley et al. (1985), além do impacto da radiação solar, dos fluxos de ar e/ou da água e da topografia, a destacabilidade das partículas também influencia na erosão, decrescendo com o aumento médio das partículas. Oliveira & Bahia (1984); Bertoni & Lombardi Neto, (1985) e Lima et al., (1992) relatam que há uma tendência de a erodibilidade aumentar quando os teores de areia fina e silte são elevados. O silte e a areia menor que 0,5 mm são as frações granulométricas que mais favorecem a erosão do solo (Angulo, et al., 1984). Por outro lado, teores elevados de argila e matéria orgânica, geralmente, mas não necessariamente, diminuem a erodibilidade (Wischmeier et al., 1971). Assim sendo, o aumento da erodibilidade provocada pelo desmatamento, tendeu arrastar mais areia das partes mais altas para as mais baixas, explicando o incremento relativo no teor de argila total.

Não se observaram variações significativas nas frações de silte, apesar do pequeno decréscimo no solo sob roça, de 9,7% para 8,8 %. Quanto à argila natural e o grau de floculação houve um aumento não marcante, de 17% e 53% para 19,1% e 56,1%, respectivamente (tabela 14). O aumento na argila natural indica desagregação, provavelmente provocada pelo impacto das gotas das chuva e aceleração nos processos de decomposição da matéria orgânica (um dos agentes responsáveis pela agregação). Como, em termos relativos o teor de argila total aumentou em relação à argila natural, o grau de floculação apresentou resultado contrário, ou seja, aumentou. Um fator que contribuiu na menor intensidade da erosão nas partes mais baixas da área estudada foi a redução da capacidade do fluxo em transportar material ou seja redução da energia cinética do fluxo, pela perda da velocidade, em função do aumento da tortuosidade do fluxo devido aos afloramentos rochosos. Possivelmente os tocos da vegetação secundária também contribuiu para a redução da velocidade da água.

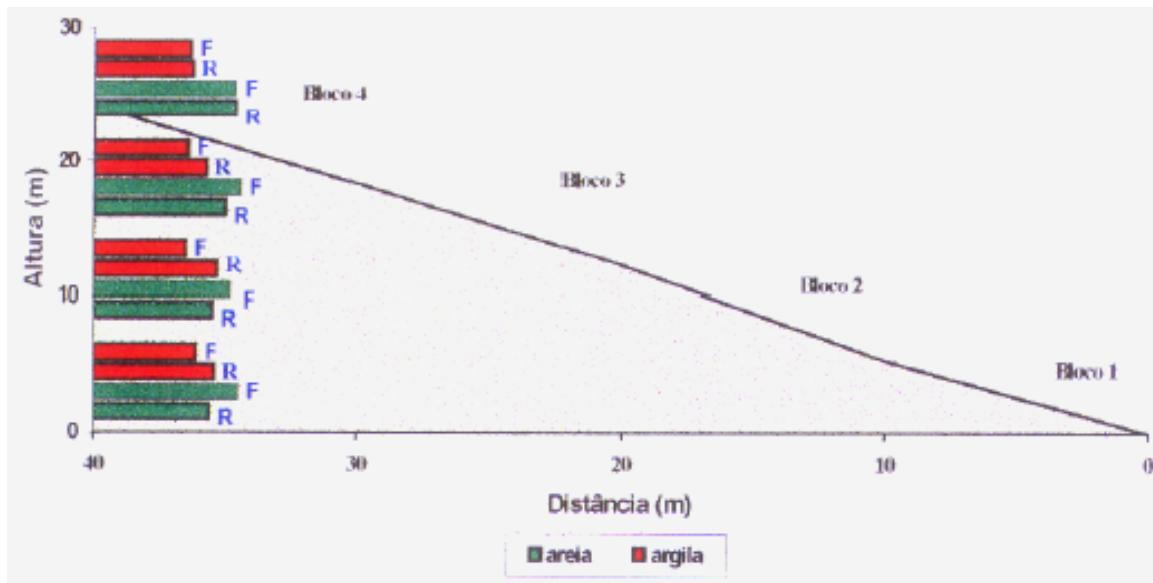


Figura 9 – Porcentagem de argila e areia, numa profundidade de 0-6 cm, ao longo do perfil topográfico (F = floresta secundária e R= roça).

A densidade do solo sob a floresta foi baixo (tabela 14), devido à camada superficial receber maior aporte de material orgânico, o que promove uma diminuição de sua densidade através da incorporação da matéria orgânica o que lhe confere melhorias em sua estrutura, permitindo numa melhor aeração (Kiehl, 1979). Comparando as médias das densidades do solo para os ecossistemas de florestas e roça, verificou-se que os valores foram iguais ( $1,11\text{kg/dm}^3$ ), provavelmente devido a concentração de matéria orgânica que se manteve no ecossistema roça. Comportamento semelhante foi verificado em trabalho de Leite (1986). Resultados relatados por Hernani et al. (1987), Alegre & Cassel (1996), Silva (1996), Demattê & Demattê (1997) e Spera et al. (1997), no mesmo, mostraram pequenas alterações na densidade do solo e atribuíram-nas à compactação promovida pelo impacto das gotas de chuva no solo desnudado pelo fogo.

A densidade das partículas é semelhante nos dois ecossistemas (florestas e roça), apresentando pequena variação, o que deve ser um reflexo da similaridade da

composição textural e mineralogica do solo e manutenção da matéria orgânica (tabela 14). Os valores da densidade do solo oscilam entre níveis que não levam a se esperar prejuízos para o desenvolvimento das plantas. A porosidade total do solo sob os dois ecossistemas teve um pequeno decréscimo, porém não significativo, de 48% para 47%, respectivamente, devido à pequena variação que ocorreu na densidade das partículas. Da mesma forma Hernani et al. (1987) Demattê (1988) e Spera et al. (1997), não verificaram grandes alterações, após a queima, na porosidade total. O valor da porosidade encontrada está dentro da faixa verificada em solos minerais, de 30 a 60% (Hillel, 1970). Outro fator que se deve levar em consideração nestas comparações é o impacto relativamente brando que o fogo ateado de acordo com a cultura caiçara traz ao solo. De acordo com Oliveira et al. (1995) a redução da umidade nos primeiros centímetros do solo foi de 20% após a passagem do fogo.

Tabela 14 - Principais características físicas do solo, 0-6 cm de profundidade, em dois sistemas (floresta secundária e roça), na Ilha Grande (médias de 8 repetições).

Sistemas	A <sub>T</sub>	AR <sub>T</sub>	S	AR <sub>N</sub>	GF	Ds kg.dcm <sup>-3</sup>	Dp % m	P <sub>T</sub> % m	DMP m	MO %
Floresta	53,8	36,4	9,7	17,0	53,0	1,11	2,13	47,9	4,64	5,0
CV(%)	4,8	8,5	33,3	10,6	6,2	4,7	3,9	6,8	2,8	11,2
Roça	47,9*	43,3*	8,8 <sup>ns</sup>	19,1 <sup>ns</sup>	56,1 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	2,09 <sup>ns</sup>	46,5 <sup>ns</sup>	4,55 <sup>ns</sup>	4,7 <sup>ns</sup>
CV(%)	9,6	10,2	19,0	19,8	9,8	3,8	2,0	3,1	2,8	5,3

A<sub>T</sub> (areia total), AR<sub>T</sub> (argila total), S (silt), AR<sub>N</sub> (argila natural), GF (grau de floculação), Ds (densidade do solo), Dp (densidade das partículas), P<sub>T</sub> (porosidade), DMP (agregados) e MO (matéria orgânica).

Níveis de significância (\* p < 0,05, ns = não significativo) para diferenças de médias entre floresta e roça de acordo com o teste t de Student.

Um parâmetro importante a ser considerada no manejo de solos é a preservação da estabilidade dos agregados. A resistência do solo descoberto contra a energia cinética da chuva depende, exclusivamente, da qualidade e da quantidade dos microagregados estáveis em água (IAPAR, 1984). A estabilidade da estrutura do solo depende da estabilidade entre e dentro dos agregados, frente a forças aplicadas

sobre o mesmo (Lebert & Horn, 1991). Em solos com agregados de baixa estabilidade, a boa agregação pode-se desfazer após as primeiras precipitações (Dexter, 1988). Agregados estáveis são considerados aqueles que permanecem intactos após 15 minutos de peneiramento úmida e, instáveis, aqueles que se dispersam após um minuto de análise (Silva & Resck, 1997). Segundo Uzêda et al. (1995) após o quinto ano de pousio, pode-se notar uma estabilização no diâmetro médio ponderado dos agregados, não sendo vantajoso, sob este aspecto, prolongar o pousio por mais que 5 anos.

A roça apresentou diâmetro médio ponderado dos agregados, estatisticamente equivalente ao da floresta (tabela 14) provavelmente devido à manutenção de matéria orgânica na camada superficial do solo. Este mesmo comportamento foi observado, em um latossolo roxo, por Lombardi Neto & Bertoni (1974). A presença constante de material orgânico em decomposição na superfície do solo e dos teores de íons floculantes como Ca, Mg, Al e os óxidos de Fe e de Al contribuem positivamente para a estabilidade dos agregados (IAPAR, 1984; Vieira, 1985 e Faccin et al., 1996). Segundo Tisdall & Oades (1982), a matéria orgânica atua na formação e estabilização dos agregados, pois polímeros orgânicos ligam-se às superfícies inorgânicas através de cátions polivalentes e polímeros hidroximetálicos.

Apesar de não haver diferença significativa entre ambos, há uma tendência dos agregados no ecossistema roça de apresentar menor diâmetro médio ponderado (DMP). Uzêda et al. (1995) observou que a queima de uma capoeira de 2 anos provocou um forte impacto no DMP dos agregados quando estes foram analisados em água benzeno e álcool. Essa redução deveu-se principalmente à morte de raízes e de microrganismos (principalmente fungos) que serviam como suporte físico para a agregação, e produziam agentes químicos cimentantes, como polissacarídeos.

Na tabela 15 nota-se, para ambos os ecossistemas, maior acumulação dos agregados na classe superior a 2,0 mm, porque esses agregados são estáveis ao rápido umedecimento e não são destruídos pelo manejo utilizado na roça. Os efeitos da queimada sobre a agregação do solo não podem ser generalizados para os diferentes tipos de solos, pois os dados disponíveis são poucos e, além disso, contraditórios, o que indica a grande variabilidade nas suas características (Santos et al., 1992).

Tabela 15 - Diâmetro médio ponderado (DMP) e estabilidade em água de agregados maiores e menores de 2 mm de um mesmo solo, 0-6 cm de profundidade, na RBEPS (Ilha Grande - RJ). Médias de 8 repetições.

Ecossistema	DMP	Estabilidade em água	
		acima de 2mm	abaixo de 2 mm
Floresta	<b>4,64</b>	98,9	1,1
Roça	4,55	98,7	1,3

A infiltração de água no solo é um parâmetro afetado por diversas variáveis, como textura, porosidade, condutividade hidráulica, estabilidade dos agregados, cobertura vegetal e cobertura morta. Algumas delas são intrínsecas ao perfil do solo, outras, como a cobertura morta, não são. Portanto, a velocidade de infiltração de água em um solo depende do balanço dessas variáveis (Vieira, 1985). A taxa de infiltração e a infiltração acumulada foi afetada pelo sistema de manejo em relação a floresta, com exceção no primeiro estágio da roça, etapa que antecede o plantio (tabela 16 e figura 10). Na floresta e no estágio que antecede o plantio (AP), aos 229 minutos, a taxa final de infiltração foi de 287,9 e 260,31 mm/h, respectivamente, com uma leve tendência à estabilização, enquanto no estágio da

roça que compreende a etapa final da cultura (AC) essa tendência foi iniciada aos 109 minutos, finalizando em 100,48 mm/h.

A infiltração acumulada em 169 minutos (tabela 16 e figura 10b), decresceu de 1463,53 mm na floresta para 1393,91 e 353,5 mm no estágio que antecede o plantio (AP) e após a colheita (AC), respectivamente. Nota-se, de um modo geral, que a roça provocou uma diminuição acentuada na infiltração de água no solo. Ainda nesta figura (10) observa-se que a taxa de infiltração diminui à medida que aumenta o tempo, o que é normal para qualquer solo, em decorrência de vários fatores, dentre os quais citam-se: diminuição do gradiente do potencial hidráulico à medida que a água penetra no solo; dispersão das partículas individuais e sua deposição nos poros do solo, obstruindo parcial ou totalmente a passagem da água; expansão diferencial dos colóides do solo e efeito desintegrante do ar preso dentro dos torrões e agregados individuais, quando a água entra bruscamente de todos os lados, sob um alto potencial hidráulico (Collis-George & Lal, 1971). A alta taxa de infiltração na floresta quando relacionado com a precipitação média local (figura 6) leva à constatação de que este solo praticamente não apresenta *runoff*; enquanto na roça esse fenômeno foi observado.

Tabela 16 - Infiltração acumulada (1) infiltração estabilizada (K<sub>o</sub>) e parâmetros da equação de infiltração ( $I = kT^n$ ) em solo sob dois ecossistemas (floresta e roça - AP: antes do plantio e AC: após à colheita), Ilha Grande - RJ (médias de 8 repetições).

Ecossistemas	I mm	K <sub>o</sub> mm/h	parâmetros k	da equação n
Floresta	1463,53 a	287,91 a	1739,9 a	-0,3529 a
Roça				
AP	1393,91 a	260,31 ab	1905,1 a	-0,3788 a
AC	353,83 b	100,48 b	481,63 b	-0,3336 a
CV%	10,1	58,6	9,2	34,6

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Parâmetros da equação  $I=kt^a$ , foram calculados por ecossistema (a roça foi dividida por estágio), encontrando-se na tabela 16 e figura 10a. Observa-se que os valores dos índices determinísticos ( $R^2$ ) desta equação, por ecossistema, são similares, portanto, a distribuição dos dados obtidos ao longo da curva se mostraram equivalentes. Comparando os valores do parâmetro  $k$ , que corresponde à quantidade de infiltração durante o intervalo de tempo inicial para os ecossistemas floresta e roça, verifica-se que houve decréscimo significativo, de 1740 para 482. Segundo Demattê (1988); Santos et al.(1992 e Silva (1996), o impacto das gotas de chuva contra a superfície causa obstrução dos poros superficiais, quando então forma-se uma fina camada de baixa permeabilidade, reduzindo significativamente a infiltração. No estágio que antecede o plantio houve uma pequena variação, entretanto não significativa, poré m, esta pequena variação pode ser devido à variação espacial ou a umidade atual do solo.

Com relação ao parâmetro  $a$ , taxa média de decréscimo de infiltração por unidade de tempo (Taylor, 1972), comparando as médias, verificou-se uma pequena variação de -0,3529 na floresta para -0,3336 na roça (no estágio que antecede o plantio foi de -0,3788), no entanto não significativo, provavelmente devido à manutenção da estabilidade dos agregados, ao longo dos estágios da roça. Das condições físicas do solo, a qualidade estrutural é uma das características mais importantes, pois influencia na infiltração de água e na maior ou menor suscetibilidade do solo à formação de crosta superficial provocando o selamento. O conteúdo inicial de água do solo (Hillel, 1970) e a matéria orgânica, principalmente devido a seus efeitos no aumento da estabilidade dos agregados e da porosidade total (Souza & Cogo, 1978), também possuem influência decisiva na infiltração.

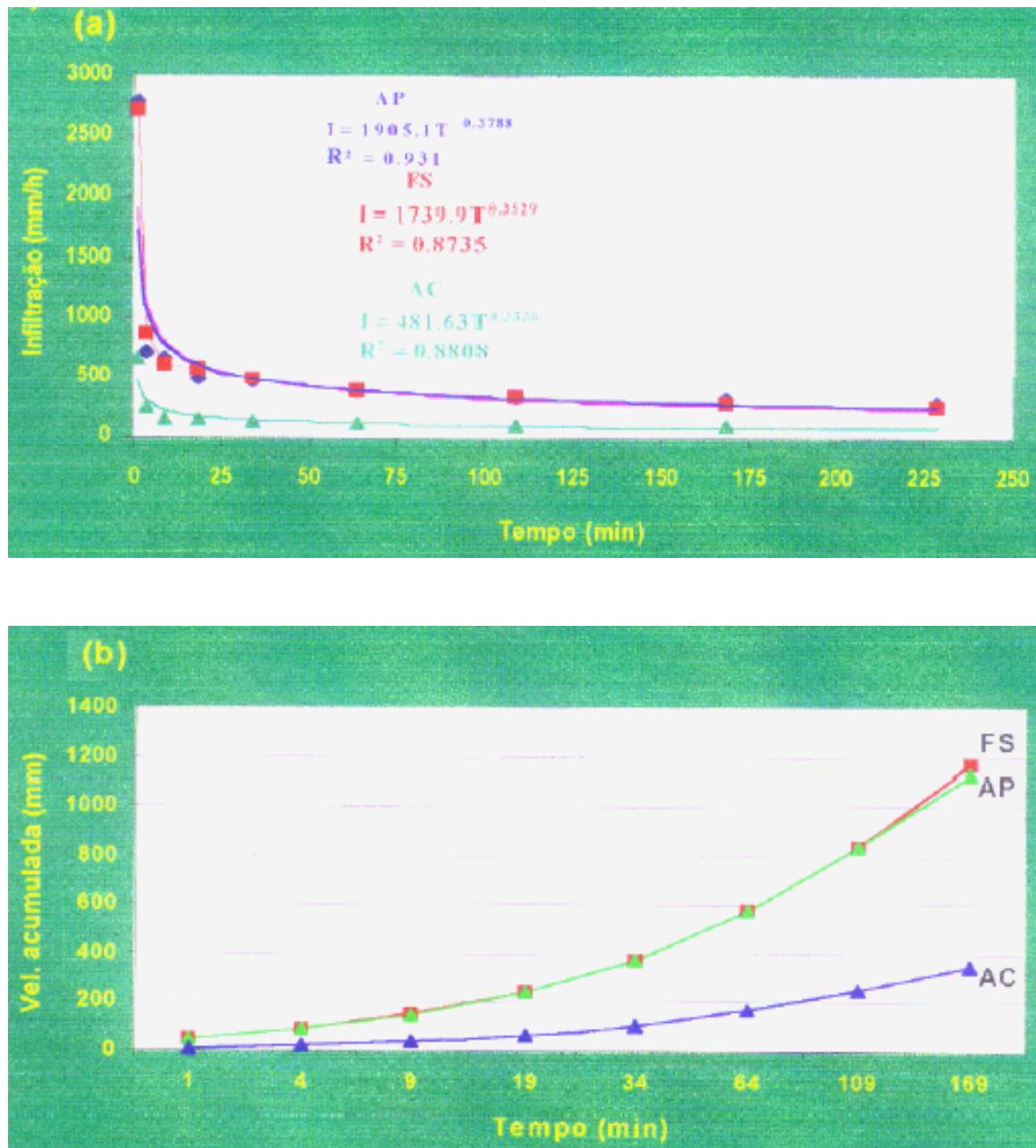


Figura 10 - Velocidade de infiltração instantânea (a) e infiltração acumulada (b) em função do tempo (média de 8 repetições) em ecossistema de floresta secundária (FS) e roça (antes do plantio - AP e após a colheita -AC).

#### 4.6.2. Dinâmica dos nutrientes no solo

A floresta natural não perturbada caracteriza-se por apresentar uma ciclagem de nutrientes bastante equilibrada no que diz respeito ao balanço entre a entrada de nutrientes, via precipitação, e a saída de nutrientes, via deflúvio (Lima et al., 1996). Os sistemas de manejo provocam alterações na fertilidade do solo, uma vez que a quantidade, distribuição e disponibilidade dos nutrientes podem ser alteradas em função dos diferentes manejos realizados, que por sua vez variam com as condições de cultivo e com as culturas. O desmatamento e o cultivo alteram os equilíbrios naturais, e consequentemente modificam os estoques do solo e, até certo ponto, os mecanismos de incorporação-decomposição (Diez et al., 1991). As mudanças interferem na ciclagem dos nutrientes e consequentemente na fertilidade do solo. A fertilidade do solo, seja ela garantida por meios naturais (reciclagem de nutrientes) ou artificiais, é essencial para a sustentabilidade de ecossistemas naturais e agroecossistemas.

Os parâmetros de fertilidade do solo determinados sob floresta (tempo zero) e roça são mostrado nas figuras 11, 12, 13 e 14 e tabela 17. O fósforo assimilável apresentou incremento significativo de 118 % na camada 0-5 cm, meses após a queimada da biomassa da floresta, isto é, por ocasião do plantio da cultura (feijão), passando de 5,1 para 11,1  $\text{mg} \cdot \text{dcm}^{-3}$  (tabela 17). A literatnra traz uma série de resultados bastantes coerentes com esses, como os de Hernani et al. (1987) Bezerra et al. (1996) e Oliveira Jr et al. (1996). Segundo Nye & Greanland (1960) a magnitude destes incrementos é de ordem de 7 a 25 kg/ha de P. Quanto aos estágios da roça, a disponibilidade do fósforo aumentou acentuadamente logo após a queima, devido à influência das cinzas, passando de 4,6 para 7,5  $\text{mg} \cdot \text{dcm}^{-3}$ , mantendo-se neste patamar até atingir 11,1  $\text{mg} \cdot \text{dcm}^{-3}$ , depois da colheita da cultura (figura 11a). Depois da queima, o fosforo extraível na camada de 0-5 cm de um Inceptisol de

Guatemala aumentou 4 vezes e permaneceu a este nível por cerca de 6 meses (Sanchez, 1981).

Nas camadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm não houve incremento significativo no valor de P assimilável pela queima da biomassa da floresta, ficando com valores semelhantes ao encontrado na floresta secundária dado que o elemento P é considerado como de baixa mobilidade no solo. Observando os estágios da roça detectou-se um incremento substancial a partir da etapa antes do plantio até o meado da cultura, que provavelmente foi devido ao efeito da cinza que percolou no perfil, decrescendo a partir daí até depois da colheita, voltando aos níveis encontrados na floresta (figura 11 a e tabela 17), muito provavelmente devido a processos de absorção pela cultura e/ou precipitação com outros compostos.

A concentração de fósforo foi maior junto a superfície na área de floresta secundária, decrescendo acentuadamente na camada seguinte e mantendo-se em níveis mais baixos até 30 cm. Essa concentração de fosforo na camada 0-5 cm pode ser devido à mineralização de parte do fósforo contido na serapilheira. Segundo Sá (1993) quando o preparo do solo é reduzido, geralmente a concentração de fósforo disponível na superfície do solo é maior, embora, muitas vezes apenas até 5 ou 10 cm. A área da roça teve comportamento similar, mas o aumento da concentração de fósforo na camada superficial foi significativo devido ao incremento da cinza proveniente da queima da fitomassa da floresta.

O fósforo é um nutriente de baixa mobilidade no solo, chegando à superfície radicular preferencialmente por fluxo difusivo (Miola et al., 1995). Ele é um elemento de comportamento bastante complexo no solo, em função do grande número de fatores que influenciam na sua disponibilidade para as plantas. Um dos fatores da baixa mobilidade do fósforo é a capacidade de formar compostos insolúveis com alumínio, ferro e cálcio. A formação de compostos insolúveis é muito influenciada pela superfície de contato entre o elemento e os sítios de

adsorção. Quanto maior a superfície de contato do fósforo com os colóides do solo, maior sera sua adsorção.

Na região tropical, em grande parte dos solos, o potássio trocável se mantém em equilíbrio na floresta. Após a queima da biomassa vegetal da floresta, o potássio trocável apresentou incrementos substancialmente significativos na camada superficial do solo. O potássio trocável (figura 11b e tabela 17), na camada superficial do solo, apresentou valor 50% superior ao encontrado originalmente na área de floresta, passando de 179,6 para 270 mg.dcm<sup>-3</sup>. Também nas camadas mais profundas do solo houve aumentos dos teores de potássio trocável. Durante o tempo da duração do ciclo da cultura houve mudanças no teor de potássio, em todas as camadas, até 30 cm de profundidade, porém, os níveis foram sempre superiores aos encontrados no ecossistema de floresta. Isso pode ser devido ao movimento descendente do cátion, uma vez que o K é considerado um elemento de alta mobilidade no solo.

O potássio (na camada 0-5 cm) foi o nutriente que mais rapidamente atingiu seus valores máximos, evidenciando a solubilidade do seus sais, contidos nas cinzas, em relação aos do cálcio e do magnésio. No estágio de meado da cultura (MC), o teor de K<sup>+</sup> elevou-se em relação ao estágio que antecede o plantio (AP), mais que cálcio e magnésio (figura 12). Isso teria ocorrido devido à rápida e intensa mobilização deste nutriente das cinzas.

Na floresta o potassio apresentou concentração elevada na primeira camada (0-5 cm), onde ocorre maior interação da fração mineral com a serapilheira, e a partir dai, decrescendo com a profundidade. Na roça ocorreu um comportamento semelhante, com a concentração de potássio trocável significativamente elevada na camada inicial, devido a mineralização da biomassa através da queima.

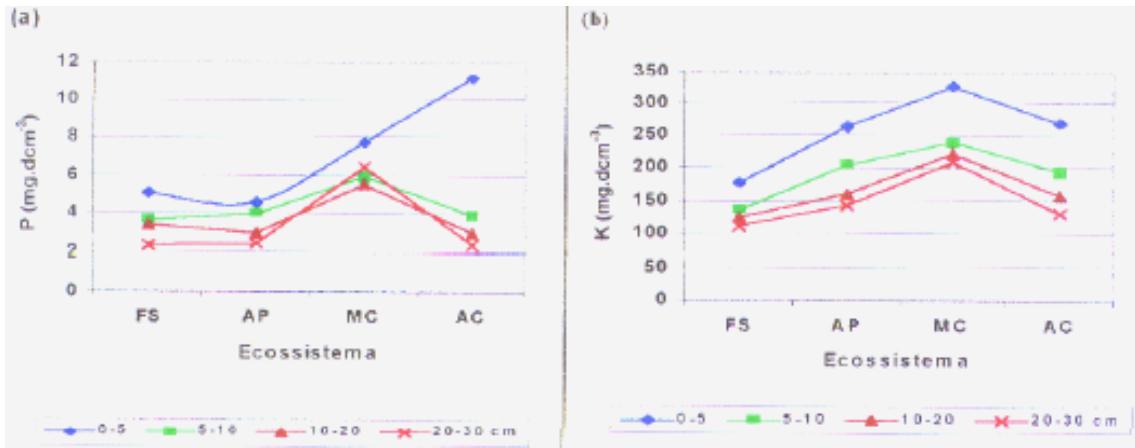


Figura 11 – Dinâmica de fósforo (a) e potássio (b) no solo até 30 cm de profundidade, em floresta secundária (FS) e roça (AP – antes do plantio; MC – meado da cultura e AC – após à colheita). Médias de 8 repetições.

O valor de Ca trocável (figura 12a e tabela 17), na camada 0-5 cm foi inferior ao obtido no ecossistema de floresta, entretanto, não houve diferenças significativas, o que contrasta com os resultados encontrados por Sanchez (1981), Smyth & Bastos (1984), Teixeira et al., (1988), Teixeira % Bastos (1989), Diez et al. (1991) e Smyth (1996). No entanto foi adicionado, através da cinza, ao solo o equivalente a 458,7 kg/ha de cálcio (tabela 13), mas sua liberação total não foi imediata, uma vez que o aumento significativo do teor de  $\text{Ca}^{++}$  não foi detectado. Tal demora teria ocorrido em face do tempo necessário para a completa solubilização dos compostos de cálcio das cinzas. Por outro lado, nas camadas mais profundas do solo houve reduções significativas nos níveis de Ca trocável. Oliveira Jr. et al. (1996) constataram que, nas camadas superficiais (0-5 cm) do solo sob pastagem, o fogo não teve efeito nos teores de Ca + Mg, e não variavam também com a profundidade de amostragem (0-20 cm), enquanto os teores de fósforo e

potássio, foram maiores na camada superficial, entretanto, também não variando ao longo da profundidade.

A distribuição do Ca trocável no ambiente de floresta foi semelhante à distribuição do elemento na roça. A concentração foi elevada junto à superfície ( $4,0 \text{ cmol}_{\text{c}} \cdot \text{dcm}^{-3}$ ), decrescendo com a profundidade. As observações com relação à distribuição do cálcio, podem estar relacionadas com o processo de lixiviação, onde o cálcio liberado pela decomposição da serapilheira estaria sendo arrastada ao longo do perfil. Na área de roça, a concentração do elemento na camada superficial foi semelhante a da área da floresta, onde decresce significativamente nas camadas inferiores. Bezerra & Souza Sobrinho (1996), observaram que os teores de Ca, matéria orgânica e carbono foram menores após a queima nas profundidades (0-20 e 20-40 cm), enquanto o magnésio, potássio e fósforo tiveram os valores aumentados, sendo os aumentos mais evidentes na camada superficial.

O magnésio manteve distribuição similar a do cálcio, entre as fases de avaliação: floresta e roça (figura 12b e tabela 17), embora seu incremento tenha sido menor ( $72,98 \text{ kg/ha}$ ). Como era esperado, especificamente nas camadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm seu declínio ocorreu mais rapidamente, devido a sua maior mobilidade no perfil do solo. Efeito semelhante foi reportado por Hernani et al. (1987). Segundo Sánchez (1981), o magnésio triplicou em Ultisol de Yurimaguas, Peru, enquanto que no Alfisol de Kade, Ghana, aumentou apenas ligeiramente com a queima. Smyth & Bastos (1984), comparando características do solo antes e depois da queima da floresta, na Amazônia Central, observaram incrementos percentuais no solo da área recém-queimada de 2.000% para Ca; 167% para Mg; 200% para P e 382% para K. O fósforo e o cálcio são os macronutrientes mais influenciados pelo processo de derrubada e queima, sofrendo uma redução que pode não atingir o equilíbrio até os 35 anos (Silva et al., 1995). A magnitude destas variações varia de acordo com as propriedades do solo e da composição da cinza.

O valor de sódio no solo (tabela 4.17), não aumentou na camada superficial (0-5) do solo da floresta primária para o solo da roça, mantendo-se estável em torno de  $0,13 \text{ cmol}_c \cdot \text{dcm}^{-3}$ . Nas camadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm, os níveis de sódio foram praticamente inalterados. Também ficaram ao longo do perfil tanto no solo floresta quanto sob a roça.

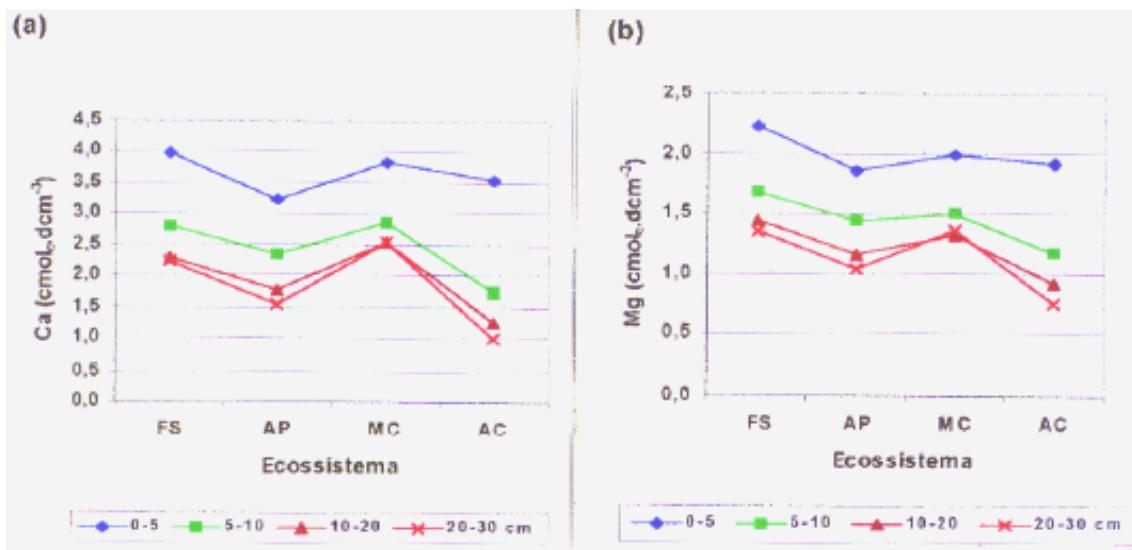


Figura 12 – Dinâmica de cálcio (a) e magnésio (b) no solo até 30 cm de profundidade, em florestas secundária (FS) e roça (AP - antes do plantio; MC – meado da cultura e AC - após à colheita). Médias de 8 repetições.

A queima da biomassa da floresta não aumentou, na camada 0-5 cm, os valores de soma de bases (S), saturação de bases (V) e da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) (figura 13 e tabela 17). O comportamento da saturação por bases refletiu principalmente o do  $\text{Ca}^{++}$  e do  $\text{Mg}^{++}$  (figura 11) e do pH, ratificando o inter-relacionamento existente entre ambos. O pH do solo mostrou leve tendência de aumento, de 5,8 para 6,0, com a queima da biomassa da floresta. Essa pequena elevação do pH é atribuída à alcalinidade das cinzas depositadas à superfície do

terreno. Esse material, presumivelmente contendo carbonatos, hidróxidos e óxidos neutralizou uma pequena parte da acidez do solo, e consequentemente, provocou uma pequena queda no teor de  $\text{Al}^{3+}$  na camada superficial (figura 14). Os resultados foram contrastantes com os obtidos por Brinkmann & Nascimento (1973) em Oxisol de Manaus e Hernani et al. (1987) em um Latossolo Amarelo do Vale de Ribeira - SP. o valor da T encontrado no solo sob roça é de aproximadamente  $12,97 \text{ cmol}_c \cdot \text{dcm}^{-3}$ , sendo semelhante ao determinado para o solo sob floresta ( $12,29 \text{ cmol}_c \cdot \text{dcm}^{-3}$ ).

A distribuição da soma de bases, do valor T e da saturação de bases, nas camadas 5-10, 10-20 e 20-30, tiveram comportamento similar, decrescendo com a profundidade, enquanto que o pH do solo manteve-se estável nas camadas no ambiente da floresta, sofrendo um pequeno decréscimo no ambiente da roça. O pequeno decréscimo nessas camadas, pode ser consequência de perdas de bases tanto por remoção pela cultura quanto pela lixiviação e/ou erosão. Smyth & Bastos (1984) e Teixeira & Bastos (1989) observaram, em Manaus, com a queima da biomassa da floresta primária, elevação de bases trocáveis e sensível redução da acidez do solo. Também notaram o aumento do pH do solo e solubilização o fósforo fixado, tornando-o disponível para as culturas, e diminuição da concentração de  $\text{Al}^{3+}$  (Jordan, 1985).

Em solos ácidos, o alumínio é um cátion que assume papel importante entre os cátions trocáveis. O valor de Al trocável reduziu, porém não significativamente, na camada superficial, passando de 0,26 (floresta) para 0,23  $\text{cmol}_c \cdot \text{dcm}^{-3}$  (roça) (figura 14a e tabela 17). Silva (1981) observou alterações acentuadas de pH e Al depois da queima da mata em um latossolo do Sul da Bahia.

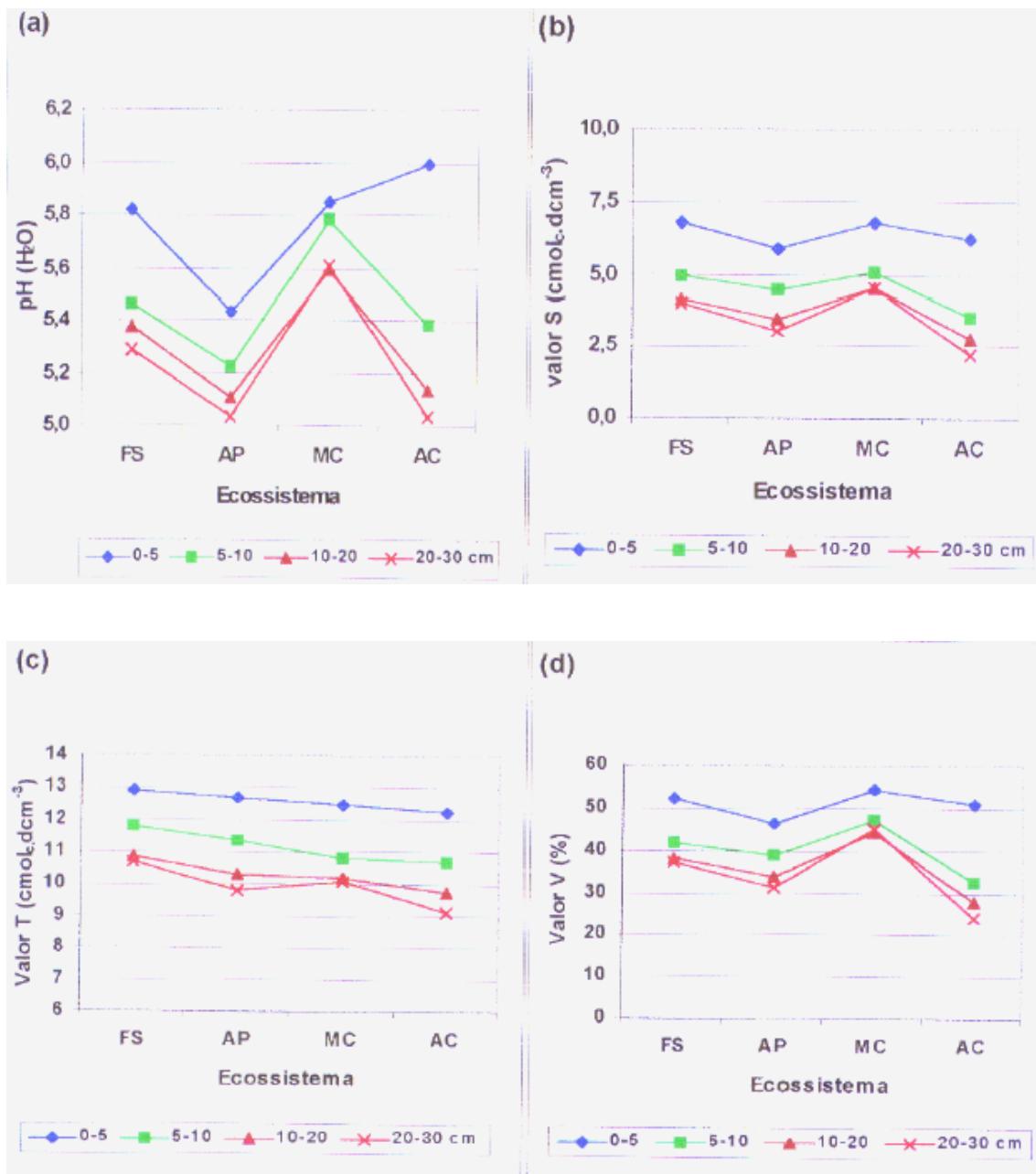


Figura 13 - Dinâmica comparativa da fertilidade do solo, pH (a); soma de bases (b); valor T (c) e saturação de bases (d), até 30 cm de profundidade, em dois ecossistema floresta secundária (FS) e roça (AP - antes do plantio; MC - meado da cultura e AC - após à colheita). Médias de 8 repetições.

Nas camadas 5-10, 10-20 e 20-30 cm o comportamento foi o contrário da camada superficial, pois os valores aumentaram, chegando a apresentar teores significativos nas camadas 10-20 e 20-30 cm, de 0,91 e 1,03  $\text{cmol}_{\text{c}}\text{.dcm}^{-3}$ , respectivamente, ao final do cultivo. Estes teores podem ser considerados níveis tóxicos para as culturas. Pode-se observar elevação do Al trocável ao longo do perfil do solo nas áreas de floresta e roça, onde o elemento apresentou menores teores na primeira camada (0-5 cm). Na área em que ocorreu a remoção da floresta e uso do fogo, observou-se aumento no teor de alumínio trocável que pode ser correlacionado com o decréscimo de pH e matéria orgânica (figura 13a e 14b, respectivamente). Estes resultados concordam com os de Sánchez (1981) em que o efeito da queima na diminuição do alumínio trocável e de saturação de alumínio foi bastante elevada em Ultisol, e seis meses depois, devido o esgotamento das bases e provavelmente por causa da alta taxa de decomposição da matéria orgânica, o teor de alumínio aumentou. O decréscimo de Al pode contribuir para melhorar o “status” de P disponível, na medida em que reduzem os seus efeitos na indisponibilidade do P (Diez et al., 1991)

A queima volatiliza a maior parte do carbono, o enxofre e o nitrogênio presente na vegetação, mas tem pouco efeito na matéria orgânica do solo. O nível de C-orgânico (figura 14b e tabela 17) não apresentou diferença marcante entre a floresta e a roça, na camada superficial. Pode se atribuir o teor de C-orgânico na roça, ao depósito de parte do carbono que estava estocado na biomassa vegetal da floresta. Contrariando a crença popular, no processo de agricultura itinerante a queima não destroi a matéria orgânica. A temperatura do solo durante a queima geralmente não é capaz de afetar consideravelmente a matéria orgânica do solo, exceto onde a carga de material combustível está concentrada (Ewel et al. 1981).

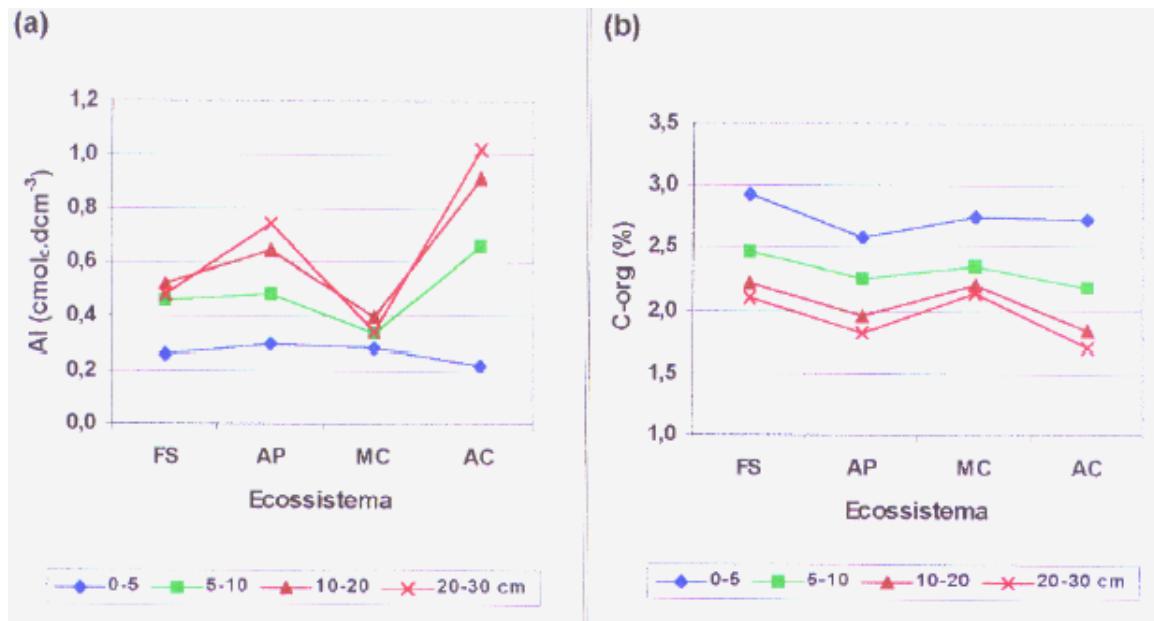


Figura 14 – Dinâmica de alumínio (a) e porcentagem de C-orgânico (b) no solo até 30 cm de profundidade, em floresta secundária (FS) e roça (AP - antes do plantio; MC - meado da cultura e AC – após à colheita). Médias de 8 repetições.

Os valores nas camadas 5-10, 10-20 e 20-30 diminuíram significativamente da floresta para a roça, de 2,5, 2,2 e 2,1% para 2,2 1,8 e 1,7%, respectivamente. Os teores de C-orgânico apresentam, no solo sob roça, a distribuição características da floresta, com concentrações relativamente altas na primeira camada superficial e diminuição progressiva com a profundidade.

As cinzas da vegetação queimada não alteram o teor de C-orgânico do solo, mas ocorre redistribuição de seus teores nos primeiros centímetros do solo (Cerri et al., 1985), onde pode alterar condições da matéria orgânica como: taxas de decomposição, CTC e pH (Johnson et al., 1991). Estudos feitos por Nye & Greenland (1960), em Gana, Sánchez et al. (1983), no Peru, destacaram um ligeiro aumento no teor de carbono orgânico do solo, imediatamente após a queima. As

mudanças no conteúdo de carbono do solo não ocorrem imediatamente após a conversão da floresta em sistemas agrícolas, conforme foi relatado por Detwiler (1986). Aweto (1988) verificou que o nível de matéria orgânica declinou durante o cultivo, assim como o aporte de serapilheira, em região de floresta tropical do sudeste da Nigéria. Jordan (1991), propõe que a matéria orgânica acumulada sobre o solo libera compostos capazes de mobilizar o P ligado ao Fe e Al, tornando-os disponíveis para os vegetais. Segundo esse autor, é por causa disso que a produtividade da agricultura de queimadas cai drasticamente após 2 ou 3 anos de cultivo, quando a quantidade de material orgânico sobre o solo (oriundo da floresta) se esgota. A perda de matéria orgânica do solo é uma medida da degradação do ecossistema, podendo ser utilizada como critério para avaliação da sustentabilidade (Lal, 1994).

**Tabela 17** - Principais características químicas do solo em dois sistemas (floresta secundária e roça), na Ilha Grande, litoral sul do estado do Rio de Janeiro. Médias de 8 repetições.

Prof. cm	pH H <sub>2</sub> O	c %	P mg.dcm <sup>-3</sup>	K mg.dcm <sup>-3</sup>	Ca	Mg	Al	H <sub>T</sub> cmol <sub>c</sub> .dcm <sup>-3</sup>	Na	S	T	V %
<b>Floresta</b>												
0-5	5,8 a	29 a	5,1 a	179,6 a	4,0 a	2,2 a	0,3 a	6,2 a	0,14 a	6,8 a	13,0 a	52,5 a
5-10	5,5 ab	2,5 b	3,6 ab	737,6 b	2,8ab	1,7ab	0,5a	6,9a	0,13 a	5,5ab	11,8 b	42,0a
10-20	5,4 b	2,2 b c	3,4 ab	123,8 b	2,3 b	1,4 b	0,5 a	6,7 a	0,11 a	4,2 b	10,9 b c	38,2 a
20-30	5,3 b	2,1 c	2,4 b	111,1 b	2,2 b	1,4 b	0,5 a	6,7 a	0,11 a	4,0 b	10,7 c	37,2 a
<b>Roça</b>												
0-5	6,0 a <sup>ns</sup>	2,7 a <sup>ns</sup>	11,1 a *	270,0 a *	3,6 a <sup>ns</sup>	1,9 a <sup>ns</sup>	0,2 a <sup>ns</sup>	6,0 a <sup>ns</sup>	0,13 a <sup>ns</sup>	6,3 a <sup>ns</sup>	12,3 a *	51,2 a <sup>ns</sup>
5-10	5,4 b <sup>ns</sup>	2,2 b *	3,9 b <sup>ns</sup>	197,3 a b *	1,7 b *	1,2 b *	0,7 a <sup>ns</sup>	7,2 a <sup>ns</sup>	0,11 a <sup>ns</sup>	3,5 b *	10,7 b *	32,9 b <sup>ns</sup>
10-20	5,1 b <sup>ns</sup>	1,8 c *	3,0 b <sup>ns</sup>	158,6 b <sup>ns</sup>	1,3 b *	0,9 b c *	0,9 a b *	7,0 a <sup>ns</sup>	0,10 a *	2,7 b *	9,7 c *	27,9 b *
20-30	5,0 b *	1,7 c *	2,4 b <sup>ns</sup>	132,4 <sup>ns</sup>	1,0 b *	0,8 c *	1,0 b *	7,0 a <sup>ns</sup>	0,11 a <sup>ns</sup>	2,2 b *	9,2 c *	24,2 b *

Níveis de significância (\* p < 0,05, ns = não significativo) para diferenças de medias entre floresta e roça de acordo com o teste t de Student. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

## 4.7 · Fauna edáfica

### 4.7.1 · A comunidade de macroartrópodos edáficos

#### 4.7.1.1 · Composição

Para ocorrer produção vegetal nos ecossistemas, é necessário que estejam disponíveis nutrientes minerais que, nos sistemas naturais, são provenientes do funcionamento do subsistema decompositor. Além disso, a maior parte da produção vegetal, em muitas vezes mais que 90%, passa diretamente do subsistema produtor ao subsistema decompositor, sem ser utilizada por consumidores (Odum, 1983 e Seastedt & Crossley, 1984). Os principais fatores que afetam o desenvolvimento dos macroartrópodos no solo são: a disponibilidade de matéria orgânica, aeração, umidade e temperatura; presença de parasitas e antagonistas.

No período de estudo, no ecossistema de floresta secundária, foram obtidos 10684 indivíduos distribuídos em 21 grupos de macroartrópodos edáficos, porém, subdivididos em grupos funcionais, 4 grupos de larvas; 4 grupos de predadores; 7 grupos de saprófagos; 1 grupo de micrófagos; 3 grupos de outros (sem funcionalidade definida ao nível taxonômico estudado) e; 2 grupos de insetos sociais e 4 grupos de macroartrópodos não edáficos (tabela 18). Oliveira (1995) estudando o efeito de ambientes manejados sobre os invertebrados constatou a existência de 25 grupos de invertebrados numa floresta secundária. Uma floresta secundária com 15 anos tem a comunidade de invertebrado do solo próximo a de uma floresta primária (Lavelle & Pashanasi, 1989).

Para o ecossistema da roça caiçara foram encontrados 1107 indivíduos distribuídos em 16 grupos de macroartrópodos edáficos (tabela 18) composto de 2 grupos de larvas; 4 grupos de predadores; 4 grupos de saprófagos; 1 grupo de micrófagos; 3 grupos de outros e; 2 grupos de sociais e 4 grupos de macroartrópodos

não edáficos. Observa-se que somente 10% dos indivíduos foram coletados, quando comparados com o número de indivíduos do ecossistema de floresta secundária. Nota-se portanto, de um modo geral, que a roça caiçara provocou um forte impacto sobre a comunidade de macroartrópodos edáficos.

Tabela 18 - Número total de indivíduos coletados e de grupos taxonômicos presentes nas frações da comunidade edáfica, subdivida em grupos funcionais, numa floresta secundária e roça caiçara, na RBEPS (Ilha Grande, RJ).

Grupos	Grupos func.	nº. de ind.		% do total		nº. de grupos	
		floresta	roça	floresta	roça	floresta	roça
Macroartrópodos edáficos	Larvas	534	67	5	6	4	2
	Predadores	562	34	5	3	4	4
	Saprófagos	784	17	7	2	7	4
	Micrófagos	806	150	8	13	1	1
	Outros	1210	162	11	15	3	3
	Sociais	3915	297	37	27	2	2
Subtotal		7811	727	73	66	21	16
Macroartrópodos não edáficos		2873	380	27	34	4	4
Total		10684*	1107**	-	-	25	20

\* Somatório das 10 repetição em quatro épocas de amostragem.

\*\* Somatório das 10 repetições em três épocas de amostragem.

Os dois grupos de insetos sociais, Formicidae e Isoptera, correspondem a 37% (na floresta) e 27% (na roça) do total de indivíduos amostrados, sendo que somente a família Formicidae representou 35,1% e 24,6% na floresta e roça, respectivamente, da comunidade dos macroartrópodos (tabela 18 e 19). O grupo funcional que é composto pelas ordens Coleoptera, Thysanoptera e Orthoptera, denominado de “Outros”, vem em seguida com 11% e 15%, onde a ordem Coleoptera domina com 10,4% e 14,3% na floresta e roça, respectivamente, dos indivíduos amostrados (tabela 18 e 19). Quanto aos outros grupos foram, 8% e 14% dos micrófagos, 7% e 2% dos saprófagos, respectivamente para floresta e roça,

sendo que esses grupos funcionais são importantes reguladores das populações microbianas e da ciclagem de nutrientes, conforme relata Siqueira & Franco (1988) 5% e 3% dos predadores e 5% e 6% das larvas na floresta e roça, respectivamente. Os *Collembola* (micrófagos) influenciam indiretamente na fertilidade do solo, criando um balanço favorável entre bactérias e fungos, produzindo enzimas, fragmentando a matéria orgânica e ainda têm um papel importante na formação da microestrutura do solo (Sautter et al., 1995).

Tabela 19 - Número de indivíduos coletados e porcentagem das diferentes ordens de macroartrópodos numa floresta secundária e roça caiçara, na RBEPS (Ilha Grande, RJ).

Grupos	G. func.	Ordem	nº. ind.		% do total	
			floresta	roça	floresta	roça
Macroartrópodos não edáficos	—	Diptera	1422	213	13,3	19,2
		Hemiptera	211	48	2,0	4,3
		Hornoptera	1157	111	10,8	10,0
		Trichoptera	83	8	0,8	0,7
Macroartrópodos saprófagos	saprófagos	Psocoptera	5	--	0,06	--
		Isopoda	438	2	4,1	0,2
		Diplopoda	239	2	2,2	0,2
		Diplura	61	7	0,6	0,6
		Sympyla	21	--	0,2	--
		Dermaptera	6	--	0,06	--
		Oligochaeta	14	6	0,1	0,5
		micrófagos	806	150	7,5	13,6
Macroartrópodos edáficos	predadores	Aranea	186	25	1,7	2,3
		Chilopoda	117	3	1,1	0,3
		Pseudoscorpionida	120	1	1,2	0,1
		Hymenoptera	139	5	1,3	0,5
	larvas	Diptera	131	25	1,2	2,2
		Coleoptera	396	42	3,7	3,8
		Lepidoptera	2	--	0,02	--
		Neuroptera	5	--	0,06	--
Macroartrópodos sociais	sociais	Formicidae	3752	273	35,1	24,6
		Isoptera	163	24	1,5	2,2
	Outros	Coleoptera	1106	158	10,4	14,3
		Thysanoptera	94	3	0,9	0,3
		Orthoptera	10	1	0,1	0,1
		Total	10684	1107	—	—

O grupo dos macroartrópodos não edáficos foi de 27% e 34%, com dominância de Diptera, 13% e 19,2% na floresta e roça, respectivamente, do total dos macroartrópodos (tabela 18 e 19), cujo papel funcional dentro do sistema decompositor é de forma pouco importante. Segundo do Voss (1987) a maior parte da decomposição da matéria orgânica é realizada pela microflora. Por outro lado, a micro, meso e macrofauna atuam como fragmentadora, misturadora e transportadora de solo e resíduos de matéria orgânica e escavadora do solo. Ainda na tabela 19, no ecossistema da roça, observa-se que alguns grupos dos macroartrópodos edáficos desapareceram. Isso mostra que além da roça provocar impacto no número de indivíduos também fez com que alguns componentes da comunidade da fauna desaparecessem.

#### **4.7.1.2 - Distribuição vertical**

A população de organismos do solo é um componente importante nas transformações da serapilheira, pois a utiliza como fonte de nutrientes e energia para a sua formação e desenvolvimento. São responsáveis pela imobilização temporária de C, N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes, que serão liberados após a sua morte e decomposição, tornando-os disponíveis para a absorção pelas raízes das plantas. Há uma grande variedade de grupos de animais presentes no solo. Esta pode ser atribuída à grande variedade de recursos e microhabitats que o solo oferece.

O solo é um ambiente estratificado, e os macroartrópodos podem sofrer influência de uma heterogeneidade vertical, ocasionada por uma gama de microhabitats na serapilheira e no perfil do solo e da heterogeneidade horizontal, gerada por um mosaico de condições microclimáticas e de qualidade de recursos, geralmente associada à uma maior complexidade da vegetação (Correia, 1997).

A análise da distribuição vertical dos macroartrópodos foi feita apenas no ecossistema de floresta secundária devido ao sistema roça caiçara não apresentar serapilheira durante a etapa dos estudos dos macroartrópodos edáficos, mediante a quantificação dos indivíduos presente na serapilheira e no primeiro horizonte orgânico-mineral do solo. Pode-se identificar mudanças de preferência com relação a estes microhabitats mediante a análise dos grupos funcionais ao longo da época da avaliação (tabela 20 e figura 15). Os macroartrópodos, de maneira geral, acham-se inicialmente predominantes no solo (dezembro), que corresponde à estação de verão, passando a dominar na serapilheira a partir do mês de fevereiro, aumentando gradualmente e progressivamente ao longo do período do estudo, ou seja, no verão a predominância ocorre no solo e depois passando à serapilheira no outono. Essa mudança pode estar relacionada a variações de temperatura, umidade e aumento da quantidade de serapilheira (figuras 15 e 16). Harada & Bandeira (1994), estudando três coberturas vegetais na Amazônia Central, observaram que a abundância da maioria dos grupos da fauna mostrou correlação positiva e significativa a nível de 5% com a umidade do solo. A distribuição vertical de Oligochaeta é influenciado por mudanças de umidade no solo, conteúdo de matéria orgânica e condições ambientais (Van Vliet et al., 1995). Segundo Sautter et al. (1997), o teor de umidade do solo parece influenciar a densidade populacional de Collembola mais do que o teor de carbono orgânico solo. Vasconcelos (1990), estudando Palmas na Amazônia Central, observou que a intensidade da serapilheira é provavelmente o maior fator determinante da grande abundância dos macroinvertebrados. Portanto, com exceção dos macroartrópodos não edáficos e predadores, onde há dominância inicial na serapilheira, aumentando ao longo do período do estudo. A distribuição vertical mostra, no caso dos não edáficos, que estes grupos ocupam preferencialmente a serapilheira. No entanto, entende-se que estes grupos utilizam a serapilheira apenas como refúgio, não contribuindo de maneira direta nos processos de decomposição.

Os saprófagos, micrófagos e as larvas, grupos de alta sensibilidade a variação climática e reconhecidamente importantes nos processos de decomposição, foram os que ocuparam preferencialmente a serapilheira no mês de maio, com alta predominância em relação ao solo (acima de 82%), provavelmente devido ao aumento da umidade e da quantidade de serapilheira, propiciando assim condições favoráveis a estes grupos de macroartrópodos no microhabitat, os quais tomam mais rápida e eficiente a reciclagem dos nutrientes no ecossistema de floresta secundária. Diferentes espécies de invertebrados que se alimentam de matéria orgânica em decomposição reagem diferentemente a aumentos de temperatura. Algumas espécies evitam temperaturas extremas na superfície do solo através da movimentação para camadas mais profundas no solo, onde a temperatura é mais baixa e estável, até a temperatura da superfície tomar-se de novo aceitável (Pizarro-Cepeda et al., 1996). A fauna edáfica responde a diferentes condições de estresse do solo em diferentes níveis: de classes taxonômicas - classe, ordem, família, tribo, gênero e espécies; de grupos funcionais - herbívoros, saprófagos, predadores e parasitóides (Elliott et al., 1988) e a nível de estrutura da comunidade e ecossistema (Favretto et al., 1992).

Tabela 20 - Porcentagem dos diferentes grupos funcionais de macroartrópodos e umidade encontrados no solo e serapilheira, em diferentes épocas, no ecossistema de floresta secundária (96/97).

<b>Grupos funcionais</b>	<b>Dezembro/96</b>		<b>Fevereiro/97</b>		<b>Abril/97</b>		<b>Maio/97</b>	
	<b>Solo</b>	<b>Serap.</b>	<b>Solo</b>	<b>Serap.</b>	<b>Solo</b>	<b>Serap.</b>	<b>Solo</b>	<b>Serap.</b>
<b>Não Edáficos</b>	33,7	66,3	44,9	55,1	34,5	65,5	13,7	86,3
<b>Saprófagos</b>	70,6	29,4	41,0	58,9	44,9	55,1	17,4	82,6
<b>Predadores</b>	31,2	68,8	42,4	57,6	32,7	67,3	25,2	74,8
<b>Larvas</b>	75,4	24,6	73,5	26,5	39,8	60,2	16,8	83,2
<b>Sociais</b>	64,5	35,5	58,4	41,6	40,2	59,8	22,0	78,0
<b>Micrófagos</b>	81,9	18,1	19,1	80,9	14,9	85,1	2,3	97,7
<b>Outros</b>	52,4	47,6	31,9	68,2	43,1	56,9	25,5	74,5
<b>Umidade</b>	26,0	39,3	19,1	63,8	24,3	85,4	19,7	104,8

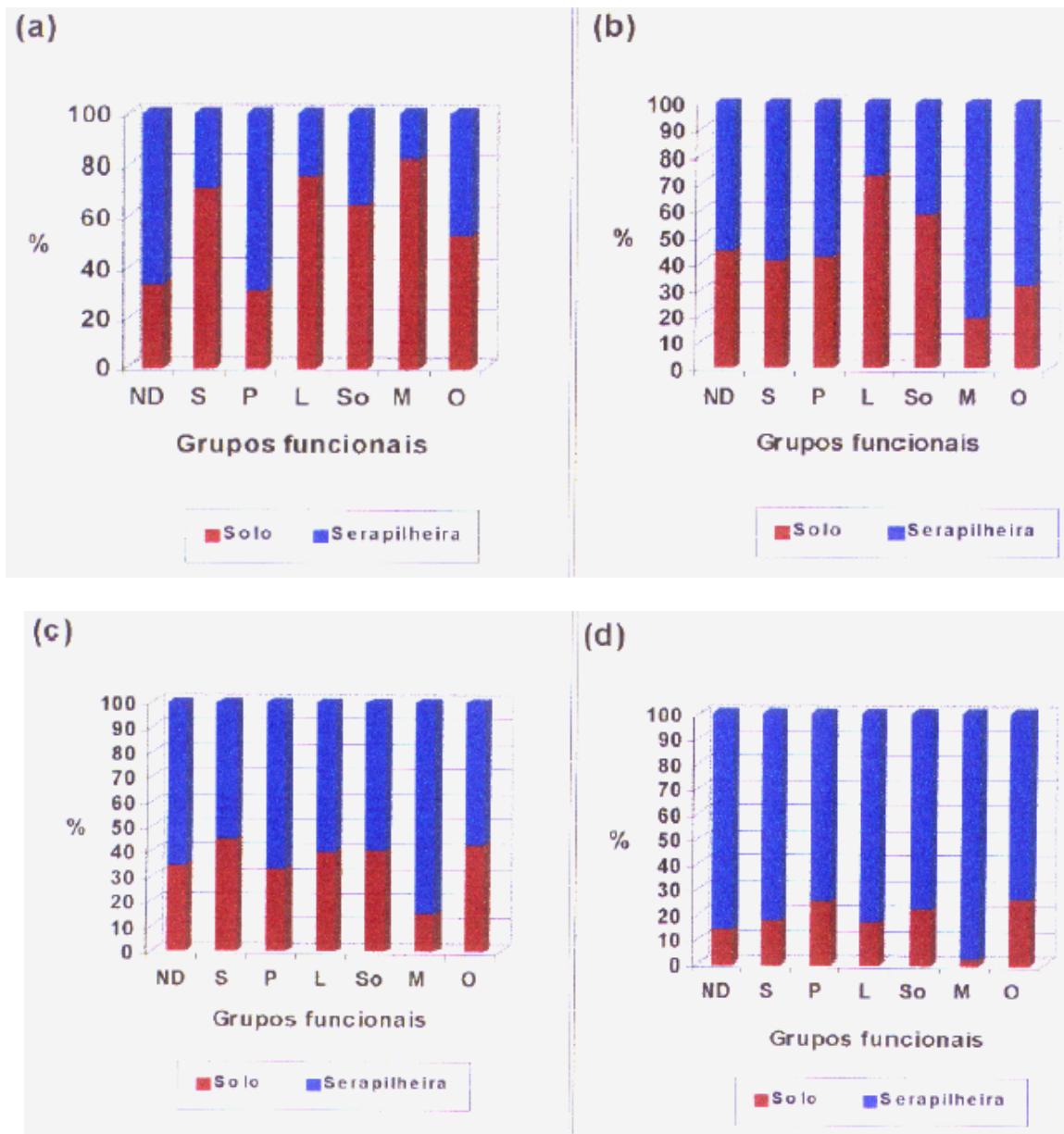


Figura 15 - Distribuição vertical dos grupos funcionais (ND - não edáficos saprófagos; P - predadores; L - larvas; So - sociais; M - micrófagos e O - outros), no solo e serrapilheira, em diferentes épocas dezembro (a), fevereiro (b), abril (c) e maio (d) no ecossistema de floresta secundária.

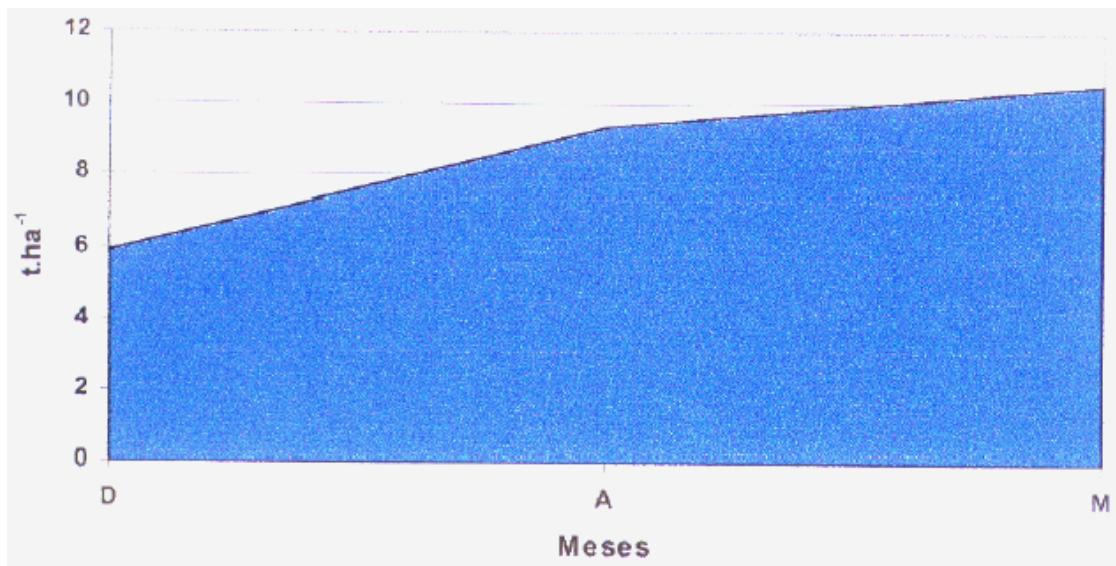


Figura 16 – Quantidade de serapilheira (t.ha<sup>-1</sup>) em diferentes épocas (D – dezembro, A – abril e M – maio) sob ecossistema de floresta secundária.

#### 4.7.1.3 - Variação sazonal

A sazonalidade provoca flutuações na estrutura da comunidade biótica na natureza. Tal flutuação é mais pronunciada em populações de insetos, e é regulada por variantes abióticos como chuva, umidade e temperatura (Reddy & Venkataiah, 1990). Considerando-se as quatro datas de amostragem, no ecossistema de floresta secundária, (dezembro, fevereiro, abril e março), observa-se que o mês de dezembro foi o que apresentou as densidades máximas, com 5434 ind.m<sup>-2</sup>. Os micrófagos e sociais não acompanham, tendo a sua maior densidade na amostragem do mês de maio (figura 17 e tabela 21).

Na avaliação do comportamento da fauna edáfica, classificados em grupos funcionais, utilizou-se a técnica multivariada. Através da análise dos

componentes principais observa-se que na figura 18a o segundo componente principal separa visivelmente os grupos funcionais micrófagos, sociais, larvas e saprófagos, importantes como reguladores das populações microbianas e da ciclagem de nutrientes, dos grupos não edáficos, predadores e outros. Nota-se no segundo componente principal da figura 18b que o comportamento dos macroartrópodos nos meses de dezembro, fevereiro e abril são semelhantes. Apesar das densidade médias calculadas apresentarem variações, as diferenças não chegam a ser significativas (tabela 21). Para o mês de maio, percebe-se que o comportamento dos macroartrópodos mostra-se significativamente diferente dos demais meses, com exceção do mês de abril. No entanto, isso permite concluir que existe uma diferença significativa entre as densidades dos macroartrópodos no verão e outono. Os resultados encontrados neste estudo são comparáveis aos obtidas por Adis (1981), Kampichler (1990), Van Vliet et al. (1995) e Oliveira (1997).

Estudos ecológicos sobre os invertebrados do solo têm identificado vários fatores que influenciam nas densidades e flutuações das populações desses animais (Badejo et al., 1993). Fatores importantes que podem influenciar diretamente nas comunidades do solo são as condições de clima, solo e vegetação (Lavelle & Pashanasi, 1989 e Al-Assit uty et al., 1993), biomassa microbiana (Straalen et al., 1988) qualidade nutricional da serapilheira e a sua disponibilidade no ambiente (Leving, 1984 e Correia, 1994) e predadores. Van Vliet et al. (1995), observou que no verão, a baixa densidade de enquistreídeos em sistema não cultivado é devida à combinação de fatores, incluindo flutuação na atividade de microrganismos, umidade do solo e temperatura assim como outras atividades bióticas. Em particular, térmitas, formigas e anelídeos, são ativos somente durante períodos definidos do dia ou apresentam comportamento sazonal.

Tabela 21 - Médias e distribuição de grupos funcionais de macroartrópodos edáficos no ecossistema floresta secundária, 0-5 cm de profundidade (1996/1997).

Grupos	Dezembro/96	Fevereiro/97	Abril/97	Maio/97
	Ind.m <sup>-2</sup>			
<b>Macroartrópodos</b>				
<b>não edáficos</b>	2148,8	1329,6	849,6	268,8
<b>Saprófagos</b>	500,8	62,4	220,8	470,4
<b>Micrófagos</b>	283,2	100,8	193,6	712
<b>Predadores</b>	409,6	105,6	180,8	203,2
<b>Larvas</b>	364,8	108,8	132,8	248
<b>Sociais</b>	1168	619,2	2072	2404,8
<b>Outros</b>	558,4	648	334,4	395,2
<b>Total</b>	5433,6	2974,4	3984	4702,4
<b>N.º de grupos</b>	23	23	20	20

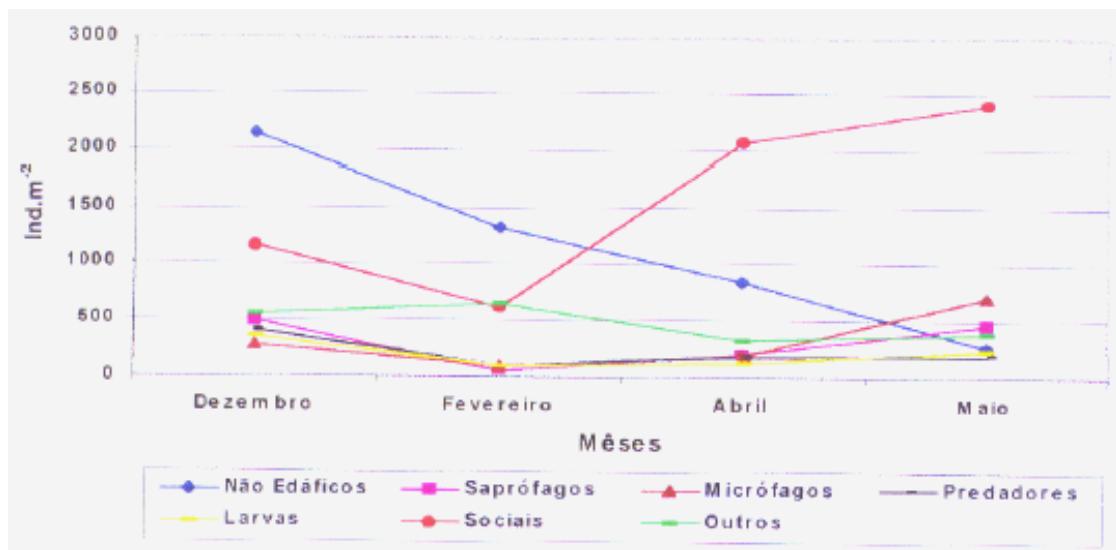


Figura 17 - Variação sazonal das densidades em  $\text{ind.m}^{-2}$  dos sete grupos funcionais (ND - não edáficos; S - saprófagos; P - predadores; L - larvas; So - sociais; M - micrófagos e O - outros) da fauna edáfica, diferentes épocas, em ecossistema de floresta secundária.

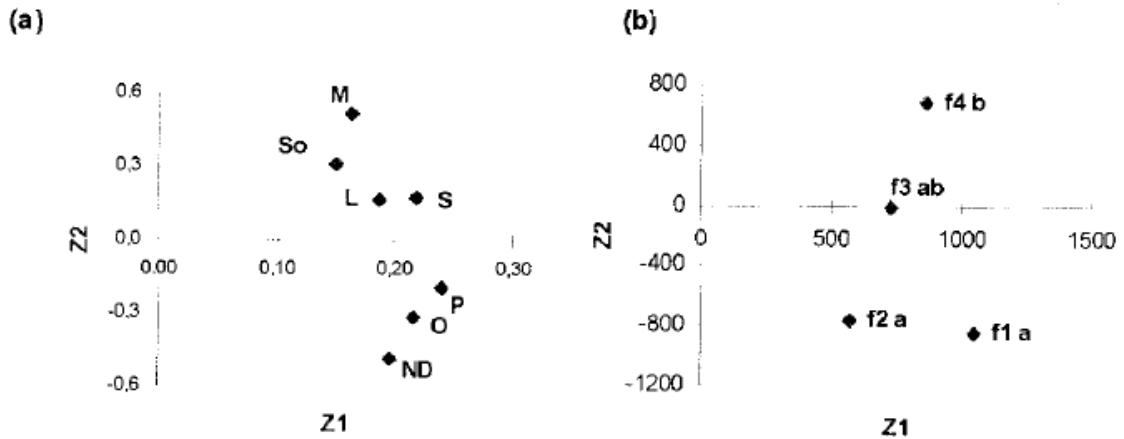


Figura 18 - Diagrama relativo aos valores médios (média de 10 repetições) das funções discriminantes ( $Z_1$  e  $Z_2$ ) para as variáveis grupos funcionais (M - micrófagos, So - sociais, L - larvas, S - saprófagos, P - predadores, O - outros e ND - não edáficos) (a) avaliadas em quatros etapas (1- dezembro, 2 - fevereiro, 3 - abril e 4- maio) (b) sob o ecossistema de floresta secundária (f).

Uma outra maneira de trabalhar os dados é através do índice de diversidade. Estes têm sido usados somente para descrever minimamente o “status” das comunidades de microbiota e suas respostas à perturbações naturais ou antrópicas. Podem funcionar como bioindicadores para estabilidade da comunidade e para descrever a dinâmica ecológica da comunidade e o impacto de estresse (Kennedy e Smith, 1995). Os valores obtidos pelo índice de Shanon ( $H$ ) para o ecossistema nos meses de dezembro, fevereiro, abril e maio foram 0,97; 0,83; 0,80 e 0,72, respectivamente. A riqueza da comunidade dos macroartópodos do ecossistema floresta secundária sofre um pequeno decréscimo entre o verão e outono. Dentro do ciclo anual, a riqueza foi semelhante: 23 ordens nos meses de

Dezembro e fevereiro e 20 ordens nos meses de abril e maio, mostrando a estabilidade desse ecossistema ao longo das duas estações anuais (figura) 19.

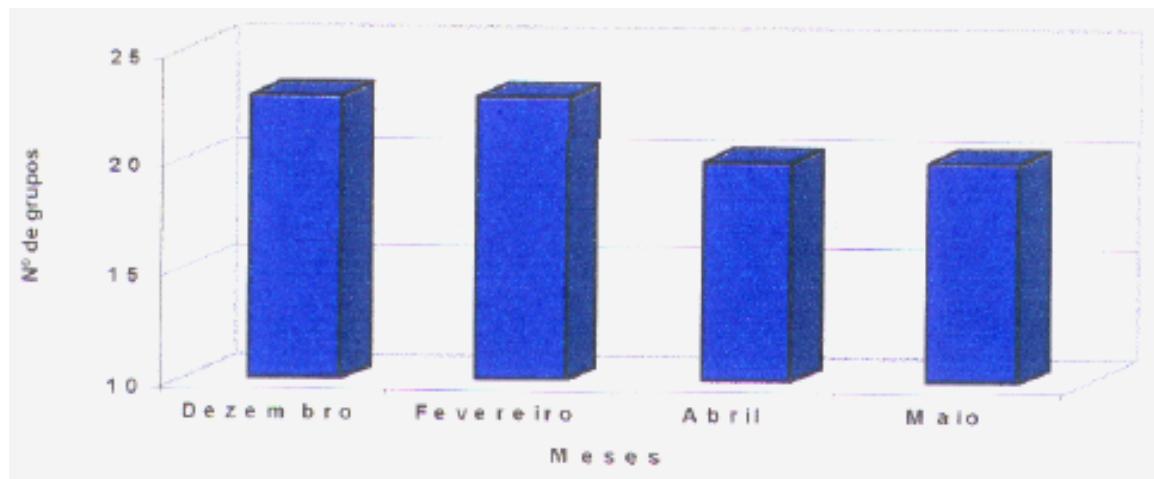


Figura 19 – Riqueza da comunidade dos macroartrópodos edáficos (nº de grupos), em diferentes épocas, sob o ecossistemas de florestas secundária.

#### 4.7.2 – O impacto da roça sobre a comunidade de macroartrópodos

A transformação da mata de pousio em área cultivada em trópicos úmidos representa uma troca de ambiente que é drástica para todos os componentes da fauna solo (Critchley et al., 1979; Filser et al., 1995; Reddy et al., 1995; e Curry et al., 1995). A modificação do habitat tem como consequência a redução da diversidade da fonte alimentar e habitats dos macroartrópodes. A proteção fornecida pela vegetação densa contra flutuações do microclima é perdida resultando em um ambiente perturbado com extremos de temperaturas, umidade do solo, alta insolação e exposição direta dos impactos das chuva fortes. Essa mudança provavelmente tem grande efeito nos pequenos e sensíveis organismos com alcance limitado em relação à procura de alimento. No entanto, a introdução de cultura fornece fonte alimentar

para o amplo comunidade de insetos nocivos e predadores capazes de explorar esses recursos. A degradação do solo nos trópicos está relacionada com grandes reduções na atividade e diversidade da fauna do solo ( Lal, 1988).

A substituição da floresta pela roça resultou numa modificação significativa da comunidade de macroinvertebrados (tabela 22). Há uma diminuição de até 14 vezes do total da densidade de indivíduos. O número de grupos diminuiu de 23 até 14 grupos. Rockett (1996) observando a heterogeneidade de oribatídeos, a nível genérico, constatou que foi significativa a sua redução em área cultivada quando comparada à área adjacente com mata. Intervenções antropicas, dependendo do grau de severidade, podem alterar a estrutura das comunidades edáficas, prejudicando de maneira até irreversível a dinâmica dos processos biológicos que regulam o sistema (Santos & Whitford, 1981). Barros et al. (1996), estudando floresta primária e pastagens, observaram que certos grupos desapareceram e outros tornaram-se dominantes, sendo fortemente condicionado pela maneira como a floresta foi desmatada, pelo tempo de utilização do solo como pastagem assim também como o tempo de abandono.

#### **4.7.2.1- Comparação da comunidade de macroartrópodos segundo os estágios da roça**

Atualmente vários trabalhos destacam o efeito das práticas agrícolas na biota do solo ( Fragoso & Rojas-Fernandez, 1994; Heisler & Kaiser, 1995; Wardle et al., 1995 e Franchini & Rockett, 1996). A redução da diversidade de espécies e a alteração da estrutura da população de alguns grupos da fauna edáfica podem representar um indicador de degradação do solo e de perda de sua sustentabilidade. Para avaliar o efeito que as diferentes práticas de manejo podem causar na comunidade edáfica, são comparados os quatros estágios da roça; el-floresta

secundária, e2-antes do plantio, e3-meado da cultura e e4-após a colheita (tabela 22 e figuras 20 e 21). De uma maneira geral, houve um decréscimo significativo das densidades dos grupos funcionais após a derrubada, queima e cultivo pelo menos durante o curto espaço de tempo do cultivo do feijão. O grupo que apresentou maior densidade foi o dos não edáficos, com 39,5 % (el-floresta secundária), 28,9 % (e2-antes do plantio), 38,4 % (e3-meado da cultura) e 28,2 % (e4-após o cultivo) do total dos indivíduos (tabela 22 e figura 20). Houve uma diminuição significativa na densidades deste grupo após o fogo (e2-antes do plantio), de 2148,8 para 97,6 ind.. $m^{-2}$ . No terceiro estágio houve um pequeno aumento e depois decrescendo no último estágio (398,4 e 112 ind. $m^{-2}$ , respectivamente). O aumento das densidade relativas no terceiro estágio (e3-meado da cultura) pode ser considerado um caráter de oportunismo, pois o papel funcional deste grupo dentro do sistema decompositor é de pouca importância, apenas utilizou as condições favoráveis do sistema como refúgio, embora sejam importantes no ecossistema, como um todo.

Tabela 22 - Médias e distribuição de grupos funcionais (ind. $m^{-2}$ ) e n.º de ordens de macroartrópodos edáficos sob diferentes estágios (el-FS - floresta secundária, e2-AP - antes do plantio, e3-MC - meado da cultura e e4-AC - após à colheita) de um agroecossistema caiçra, na RBEPS (Ilha Grande - RJ). Médias de 10 repetições.

Grupos	el-FS	e2-AP	e3-MC	e4-AC
				<b>Ind.<math>m^{-2}</math></b>
Não Edáficos	2148,8	97,6	398,4	112
Saprófagos	500,8	6,4	1,6	19,2
Predadores	409,6	17,6	12,8	24
Larvas	364,8	17,6	32	57,6
Outros	558,4	94,4	136	28,8
Sociais	1168	54,4	356,8	64
Micrófagos	283,2	49,6	99,2	91,2
Total	5433,60	337,60	1036,80	396,80
Nº de grupos	23	16	14	17

Os sociais (Formicidae e Isoptera) e outros (Coleoptera, Thysanoptera e Orthoptera) tiveram o mesmo comportamento dos não edáficos, pois, em organismos com alta mobilidade e flexibilidade, a necessidade de novo habitat é capaz de vencer as mudanças associadas com um cultivo e ainda aproveitar-se da nova situação (Critchey et al., 1979). Quanto aos micrófagos (Collembola), também tiveram o comportamento similar, portanto o aumento das densidades nos últimos estágios provavelmente se deve à pouca quantidade da matéria orgânica proveniente da cultura. Sgardelis & Margaris (1993), em um sistema arbustivo Mediterrâneo, observaram uma redução na densidade de ácaros e colembolas após a ocorrência accidental de fogo. Os Collembola demonstraram serem mais sensíveis aos regimes de reabilitação, necessitando, para estabelecimento em um local de paisagem recém-recomposta, de disponibilidade de alimento e habitat favorável (Sautter et al., 1997).

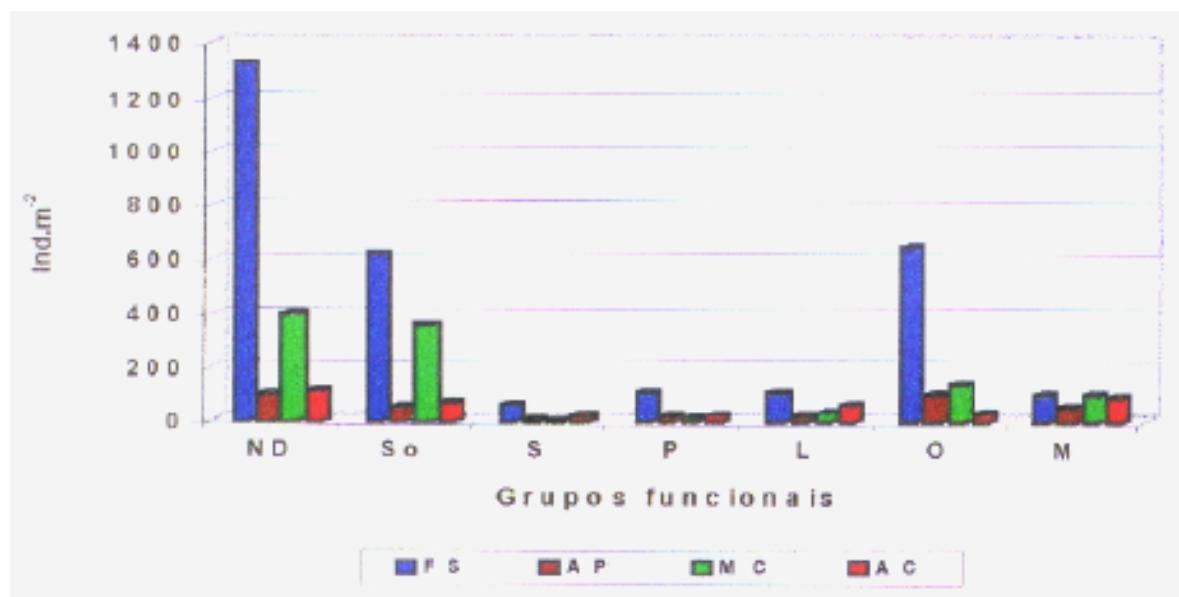
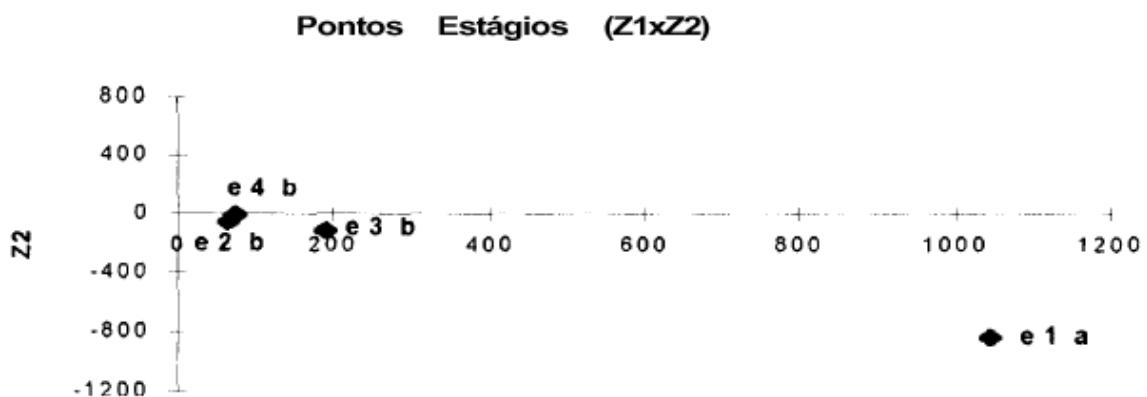


Figura 20 – Densidades em ind.m<sup>-2</sup> dos sete grupos funcionais (ND - não edáficos; S – saprófagos; P – predadores; L – larvas; So – sociais; M – micrófagos e O – outros), da fauna edáfica sob diferentes estágios (FS – floresta secundária, AP – antes do plantio, MC – meado da cultura e AC – após à colheita) de uma roça caiçara de uma roça caiçara, Ilha Grande - RJ.

Os saprófagos e predadores tiveram suas densidades diminuídas no segundo e terceiro estágios (6,4 e 1,6; 17,6 e 12,8 ind.m<sup>-2</sup>, respectivamente) e um pequeno aumento no último estágio (19,2 e 24 ind.m<sup>-2</sup>, respectivamente), enquanto que larvas sempre aumentaram no decorrer das etapas da roça (17,6; 32 e 57,6 ind.m<sup>-2</sup>, respectivamente) (tabela 22 e figura 20). As larvas de insetos holometabolos, especialmente Diptera e Coleoptera, são componentes obrigatórios da comunidade de solos de regiões temperadas e tropicais, sendo, em alguns casos, indicativos da recuperação de ecossistemas (Silva Del Pozo & Blandin, 1991).

Modificações das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo ocorrem quando o sistema natural é destruído pelo fogo (Brinkmann & Nascimento, 1973) pois uso da queima para fins de produção agrícola tem consequências drásticas sobre as populações de animais do solo. Além da ação direta nos que vivem na superfície, o fogo elimina a serapilheira que é a sua fonte de alimento e habitat. Os impactos do fogo sobre os macroartrópodos estão relacionados com a intensidade do mesmo, assim como com as modificações físico-químicas que se produzem sobre o solo, com o tipo de microflora envolvida e com as condições do ambiente antes e depois do fogo (Raison, 1979). Segundo Pinheiro (1996), a elevação da temperatura pela prática da queimada faz com que a biomassa microbiana desapareça completamente dos primeiros centímetros do solo, se redistribuindo em profundidade. A recolonização que ocorre é lenta e restrita a poucos grupos. Os sistemas de cultivo influenciaram a fauna diminuindo sua densidade e diversidade em relação a floresta secundária. Os resultados mostram pequenas diferenças entre as populações de macroartrópodos nos estágios da roça, tanto em densidades como em riquezas dos grupos encontrados: 337,6 ind.m<sup>-2</sup> e 16 grupos (e2-antes do plantio), 1036,8 ind.m<sup>-2</sup> e 14 grupos (e3-meado da cultura) e, 396,8 ind.m<sup>-2</sup> e 17 grupos (e4-após a colheita) (tabela 22 e figura 20).

As práticas de manejo podem eliminar alguns grupos, diminuindo efetivamente a diversidade específica e ocasionando diminuição nos totais desses animais. Nos resultados da avaliação do comportamento da fauna edáfica, classificados em grupos funcionais, através da análise do componente principal (técnica multivariada) observa-se que as diferenças de densidade, quando comparados ao estágio el-floresta secundária e aos demais estágios, foram significativas, entretanto, apesar da pequena variação observada entre os estágios e2-antes do plantio e3-meado da cultura e e4-após a colheita, não foram significativas (figura 21).



Letras iguais maiúscula (a e b) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Figura 21 – Diagrama relativo aos valores médios (média de 10 repetições) das funções discriminantes ( $Z_1$  e  $Z_2$ ) para as variáveis grupos funcionais avaliados em quatro etapas (1 – dezembro, 2 – fevereiro, 3 – abril e 4 – maio) sob dois ecossistemas, floresta secundário (e1) e roça (e2 – antes do plantio, e3 – meado da cultura e e4 – após à colheita).

## **4.8 · Balanço de nutrientes na utilização tradicional da vegetação secundária com aplicação de queima e roça**

### **4.8.1 · Reservas orgânicas e minerais nos sítios estudados de vegetação secundária**

As reservas orgânicas e minerais encontram-se localizadas na fitomassa da floresta, distribuídas nos compartimentos dos troncos, folhas, galhos e, de acordo com a estrutura e aspectos ecológicos da floresta, na camada de serapilheira e no próprio solo (tabela 12). A vegetação própria da fase do pousio, a composição da vegetação secundária estudada é um reflexo do aproveitamento antrópico e do efeito seletivo exercido pelo mesmo sobre as espécies (Gomez-Pompa, 1971). A seleção é feita através da roçagem, queima, capina de ervas daninhas e, eventualmente, a forma de cultura. A permanência dos tocos na área de cultivo parece ser uma forma de seleção em que as espécies resistentes ao fogo e a poda são favorecidas. O estudo da vegetação secundária de 5 anos de idade na RBEPS revelou a média de 64,2 t.ha<sup>-1</sup> em fitomassa na parte aérea (tabela 23), com um estoque de 5,1 t.ha<sup>-1</sup> de serapilheira. Snedaker (1980) na Guatemala, Uhl & Jordan (1984) na Venezuela e Denich (1991) no Pará - Brasil observaram, numa floresta secundária de 5 anos de idade, produção de 36,7, 40,0 e 19,9 t.ha<sup>-1</sup> de fitomassa, respectivamente. A fitomassa dos ecossistemas de floresta secundária varia de acordo com os fatores edáficos, climáticos e sociobotânicos dentro de uma margem de valores amplos.

O maior armazenador de massa de compostos orgânicos foi o solo, detentor de 63,5 % do total da floresta em estudo (tabela 23). Quanto ao conteúdo de nutrientes, observam-se que os maiores teores de fósforo e potássio estão localizados na biomassa vegetal, com 82 e 60,2 %, respectivamente, enquanto as maiores concentrações de cálcio e magnésio encontram-se no compartimento solo, com 72,5 e 84,6 %, respectivamente, do total do ecossistema. Como o N do solo não foi

avaliado de uma forma que possa ser considerada como disponível, então não foi calculado o conteúdo do mesmo na floresta. Nota-se que o compartimento serapilheira participa apenas de uma pequena parcela de estoque dos nutrientes do total do sistema.

No total a floresta secundária em estudo apresenta um estoque de 91,05 kg de P; 1070,7 kg de K; 2177,9 kg de Ca e 673,8 kg de Mg por hectare. A ordem de distribuição das concentrações dos elementos foi: Ca > K > Mg > P. No caso de aproveitamento agrícola com bases em culturas anuais, é possível tornar disponíveis, a curto prazo, as reservas de nutrientes contidas no solo a uma profundidade de 0-30 cm, bem como na serapilheira e na vegetação.

**Tabela 23** - Reservas orgânicas e minerais nos sítios de vegetação secundária (no solo: os teores de elementos são partes extraíveis). Entre parênteses, a participação percentual.

Compartimento	MO t.ha <sup>-1</sup>	P	K kg.ha <sup>-1</sup>	Ca	Mg
Fitomassa *	64,2 (33,8)	74,7 (82)	644,2 (60,2)	467,4 (21,5)	89,4 (13,3)
Serapilheira	5,1 (2,7)	6,2 (6,8)	33 (3,1)	130,5 (6,0)	14,4 (2,1)
Solo (0-30 cm)	120,5 (63,5)	10,15 (11,2)	393,5 (36,7)	1580 (72,5)	570 (84,6)
Total	189,8	91,05	1070,7	2177,9	673,8

\* parte aérea

#### **4.8.2 - Contribuição nutricional da cinza pela queima da biomassa da vegetação secundária**

As mudanças mais marcantes na fertilidade de solos ácidos em áreas extensivas de terra firme ocorrem durante o processo de derrubada e queima da vegetação de florestas primárias e secundárias. A disponibilidade de nutrientes no

solo é aumentada por maior mineralização e adições de cinza durante a queima (Smyth, 1996). Na tabela 24, são apresentados os teores de macronutrientes na cinza após a queima da vegetação e no solo, com exceção do nitrogênio. O estoque de nutrientes na primeira etapa da roça caiçara (após a queima) foi de 127,45 kg de matéria orgânica; 65,05 kg de P; 681,9 kg de K; 20387 kg de Ca e 642,98 kg de Mg por hectare. A ordem de distribuição das concentrações dos macronutrientes é: Ca > K > Mg > P, portanto, semelhante ao que foi encontrado no ecossistema de floresta secundária.

A cinza contribuiu, em peso médio, com 6,95 t/ha de matéria orgânica em base de peso seco. Este material agregava o equivalente a aproximadamente 54,9; 288,4; 458,7 e 72,98 kg de P, K, Ca e Mg por hectare, respectivamente (tabela 24). O conteúdo de nutrientes nas cinzas da floresta secundária, neste estudo, foi superior ao obtido por Smyth & Bastos (1984) e Hernani et al. (1987) na queima de uma capoeira de 12 anos em Manaus-AM e Paríquera-Açu-SP, respectivamente. Quanto ao conteúdo do solo nesta etapa, é o mesmo encontrado na floresta antes da queima.

Tabela 24 - Estoque relativo de matéria orgânica e nutrientes no agroecossistema caiçara após a queima da biomassa da vegetação secundária e sua conversão em cinzas, na RBEPS (Ilha Grande - RJ).

Compartimento	MO t. ha <sup>-1</sup>	P	K kg.ha <sup>-1</sup>	Ca	Mg
Cinza	6,95	54,9	288,4	458,7	72,98
Solo (0-30 cm)	120,5	10,15	393,5	1580	570
Total	127,45	65,05	681,9	20387	642,98

A maior parte dos materiais queimados foram serapilheira, folhas e galhos, enquanto que os troncos não se queimaram mas permaneceram no sistema. A quantidade de material não queimado foi de 2,13 t.ha<sup>-1</sup> (tabela 25), o qual agrupa

11,7 kg de N; 2,1 kg de P; 17,2 kg de K; 14,5 kg de Ca e 25 kg de Mg por hectare. Esses elementos serão aproveitados pelo sistema aos poucos, através das ações de decompositores ao longo do ciclo da roça caiçara, cujo ciclo médio de cultivo na RBEPS segundo Toffoli (1996) é de 3,7 anos.

A quantidade de nutrientes nas cinzas foi inferior aos teores de nutrientes detectados na biomassa da floresta; isto evidencia que houve perdas expressivas para a maioria dos nutrientes estudados (tabela 25). A produção da vegetação secundária, em biomassa, foi de 69,43 t/ha de matéria seca onde apenas 6,95 t/ha foi transformada em cinzas que corresponde a apenas 10,1 % da biomassa total produzida. Silva (1991) estimou que somente 20% da biomassa vegetal foram convertidos em cinzas após a queimada de uma floresta nativa, em solos de tabuleiro, no Sul da Bahia.

Conclui-se, portanto, que com a queima da biomassa da vegetação, neste estudo, a perda foi de 91,1 % de N, que contraria a tese de que todo o nitrogênio se perde com processo de queima; 29,5 % de P; 54,9 % de K, 27,2 % de Ca e 19,5 % de Mg. Ewel et al. (1981) encontraram uma perda, por volatilização durante a queima, de 40% do N total da biomassa de uma capoeira de 8-9 anos em Costa Rica. Segundo Sánchez (1981) a queima volatiliza a maior parte de carbono, enxofre e nitrogênio presentes na vegetação, e tem pouco efeito sobre a matéria orgânica do solo. Estes dados só podem ser considerados como referenciais aproximados, pois sabe-se que as propriedades de queima variam especificamente conforme o sítio, o material, espécie vegetal e as condições de queima.

Tabela 25 - Produção e acúmulo de nutrientes da vegetação secundária e sua conversão em cinzas, com respectivas perdas (os valores entre parênteses representam a perda em porcentagem), na RBEPS (Ilha Grande-RJ).

Compartimento	MO tha	N	P	K Kg/ha	Ca	Mg
Biomassa da veg. secundária	69,43	458	80,9	677,2	597,9	93,8
Fitomassa não queimada	2,13	11,7	2,1	17,2	14,5	2,5
Cinza	6,95	29,19	54,9	288,4	458,7	72,98
Perda com a queima	60,35 (86,9)	417,11 (91,1)	23,9 (29,5)	371,6 (54,9)	124,7 (27,2)	18,32 (19,5)

#### 4.8.3 · Reservas orgânicas e minerais no agroecossistema caiçara após a instalação da primeira cultura

Na tabela 26, estão reunidos os dados sobre reservas de nutrientes neste agroecossistema tradicional após o cultivo de uma cultura. De forma geral, a reserva do agrossistema tradicional é constituído de 105,55 kg de matéria orgânica; 15,12 kg de P; 555,14 kg de K; 992,73 kg de Ca e 3828 kg de Mg. A cultura utilizada no estudo, apos 70 dias da sua instalação, produziu 1,68 t/ha de matéria seca e retirou do sistema o equivalente 4,31; 53,44; 21,41 e 6,17 kg de P; K; Ca e Mg por hectare, respectivamente. Após a colheita, a produção de matéria seca caiu para 1,26 t/ha, devido a senescênciadas folhas que continuaram no sistema, o qual agrega 4,19; 40,15; 32,91 e 15,87 kg de P; K; Ca e Mg por hectare, respectivamente. As somas dessas retiradas correspondem ao total de nutrientes perdidos através da exportação antrópica, pois esses materiais não retornam ao sistema. Deve-se, ainda ressaltar que além destas perdas de nutrientes, também há, na agricultura tradicional, aquelas causadas pela lixiviação e erosão.

Tabela 26 - Reserva de matéria orgânica e nutrientes no agroecossistema caiçara após 70 dias do plantio e após a colheita da cultura (feijão), na RBEPS (Ilha Grande - RJ).

Compartimento	MO t.ha <sup>-1</sup>	P	K kg.ha <sup>-1</sup>	Ca	Mg
Cultura (70 DAP) *	1,68	4,31	53,44	21,14	6,17
Cultura (após a colheita) *	1,26	4,19	40,15	32,91	15,87
Fitamassa não queimada	2,13	2,1	17,2	14,5	2,5
Solo (0-30 cm)	102	12,9	524,65	990	390
Total **	105,55	15,12	555,14	992,73	382,8

\* parte aérea

\*\* Total = (cultura 70 dias - cultura após colheita) + fitomassa não queimada + solo

Empregando-se os valores da reserva da floresta secundária e agroecossistema tradicional, chega-se a um balanço de nutrientes para a utilização tradicional apos um ciclo de cultura (tabela 27). Nota-se que após a utilização agrícola (após o ciclo de uma cultura) constatou-se perdas de 42,2 % de matéria orgânica; 27,8 % de P; 26,2 % de K; 34,3 % de Ca e 32,3 % de Mg.

Tabela 27 - Balanço do acúmulo de matéria orgânica e nutrientes em dois ecossistemas (floresta secundária x roça caiçara), com respectivas perdas, na RBEPS (Ilha Grande-RJ); os valores entre parênteses representam a perda em porcentagem.

Reserva	MO t/ha	P	K kg/ha	Ca	Mg
Floresta secundária	189,93	91,05	1070,7	2177,9	663,8
Roça caiçara	109,82	65,7	1790,1	1430,29	449,61
Perdas	80,11 (42,2)	25,35 (27,8)	280,6 (26,2)	747,6 (34,3)	1219,19 (32,3)

Quando se compara o solo sob os dois ecossistemas, constata-se na roça caiçara, perdas de 15,3% de matéria orgânica; 37,3% de Ca e 31,6% de Mg e ganhos de 21,3 % de P e 24,9 % de K (tabela 28). Esses ganhos são provenientes da cinza

originada da transformação da biomassa vegetal. No caso dos elementos Ca e Mg, era esperado o aumento no seu conteúdo, mas como foi relatado antes este incremento não aconteceu devido ao tempo necessário para a completa solubilização das cinzas. Quanto à fração de perdas constatada foi devido ao consumo pela cultura e perdas por lixiviação e erosão.

Tabela 28 - Acúmulo de matéria orgânica e nutrientes no solo (0-30 cm de profundidade) sob ecossistema de floresta secundária e roça caiçara, com respectivas perdas (-) e/ou ganhos (+); os valores entre parênteses representam a perda em porcentagem, na RBEPS (Ilha Grande-RJ).

Solo sob:	MO t/ha	P	K kg/ha	Ca	Mg
Floresta secundária	120,5	10,15	393,5	1580	570
Roça caiçara	102	12,9	524,65	990	390
Perda (-) e/ou ganho (+)	-18,5 (15,3)	+2,75 (21,3)	+131,15 (24,9)	-590 (37,3)	-180 (31,6)

#### 4.9 · Produtividade da cultura

A produtividade de grãos obtida foi 889,7 kg/ha, portanto, superior a produtividade média regional e nacional, de 718 e 638 kg/ha, respectivamente, (IBGE, 1996). Egler (1961) inicialmente conseguiu elevados rendimentos de milho e arroz de sequeiro, com rápida redução em períodos posteriores, no Pará. Esta boa produtividade da cultura foi devido à boa fertilidade do solo da área em estudo (tabela 17) e do incremento parcial de nutrientes da cinza. Segundo Sánchez (1981), após o primeiro cultivo os rendimentos na produção baixam gradualmente, pois a rapidez deste processo varia de acordo com as propriedades do solo. Os baixos rendimentos sucessivos com cada cultivo, constituem a razão fundamental para que os agricultores abandonem a área iniciando etapa de pousio.

## 5 . CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir:

- A concentração de bioelementos na floresta secundária variou de uma espécie para outra e os valores oscilaram dentro de uma grandeza específica de cada elemento. De forma geral, a ordem relativa decrescente da concentração de nutrientes nos compartimentos foi folhas seguido de galho fino, galho grosso e tronco.
- Antes da conversão da floresta secundária em sistema agrícola, as maiores reservas de matéria orgânica, cálcio e magnésio se encontravam no solo, enquanto que os elementos fosforo e potássio se encontravam na biomassa da floresta.
- Os valores das propriedades físicas avaliadas, textura, densidade do solo e das partículas, porosidade e estabilidade dos agregados (0-6 cm de profundidade), não foram influenciadas pelo agroecossistema caiçara quando contrastada com os resultados do ecossistema de floresta secundária. Quanto à velocidade de infiltração de água no solo, a taxa de infiltração básica e a infiltração acumulada decresceram no sistema caiçara, de 65 % e 75 %, respectivamente, em relação às da floresta. Dentre os parâmetros da equação da infiltração, os valores da

constante  $n$  não sofreram influência do sistema caiçara, enquanto que os valores da constante  $k$  decresceram neste sistema em relação à floresta.

- A concentração dos nutrientes (Ca e Mg), assim como sua disponibilidade, e os valores de pH e carbono orgânico até 30 cm de profundidade não foram alteradas pela conversão da floresta pelo plantio de cultura. Apenas os elementos K e P foram alterados, devido à adição da cinza. A evidência desta alteração é marcante principalmente na camada superficial (0-5 cm).
- A conversão da floresta pela instalação da roça caiçara, reduziu a composição, densidade e diversidade dos macroartrópodos edáficos, não mais se recuperando ao longo do ciclo da cultura. A composição foi reduzida em 90%, a densidade diminuiu 14 vezes e a diversidade caiu para 14 grupos em relação aos 23 grupos encontrados na floresta inicial.
- Somente 10,1% da biomassa foi convertida em cinza, havendo uma expressiva perda na maioria dos nutrientes avaliados. Essas perdas foram de 91,1 % de N; 29,5 % de P, 54,9 % de K; 0,05 % de Ca e 19,5 % de Mg.
- No balanço de nutrientes do agrossistema tradicional, após o ciclo de uma cultura, constatou-se perdas de 42,2 % de matéria orgânica; 27,8 % de P; 26,2 % de K; 28,5 % de Ca e 32,3 % de Mg. Mas quando contrasta-se o solo sob os dois ecossistemas constatam-se perdas de 15,3% de matéria orgânica; 37,3% de Ca e 31,6% de Mg e ganhos de 21,3 % de P e 24,9 % de K.
- A produtividade de grãos obtida da primeira cultura utilizada após a queimada foi superior a produtividade média regional e nacional.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. Transcrição da palestra proferida no encontro Nacional sobre Agricultura Sustentada, ES, Transcritos do AS-PTA, 28p., RJ, 1990.
- ADIS, J. Comparative ecological studies of the terrestrial arthropod fauna in Central Amazonian inundation-forests. *Amazoniana*, 7(2):87-173, 1981.
- AINA, P.Q. Contribution of earthworms to porosity and water infiltration in a tropical soil under forest and long term cultivation. *Pedobiologia*, 26: 131-136, 1984.
- AL-ASSIUTY, A.I.M.; BAYOUMI, B.M.; KHLIL, M.A. & VAN STRAALEN, N.M. The influence of vegetational type on seasonal abundance and species composition of soil fauna at different localities in Egypt. *Pedobiologia*, 3:210-222, 1993.
- ALEGRE, J.C. & CASSEL, D.K. Dynamics of soil physical properties under alternative systems to slash-and-burn. *Agriculture Ecosystems & Environment*, Elsevier, 58(1):39-48, 1996.
- ALEXANDRATOS, N. World agriculture toward 2000: FAO, London, Belhaven Press, 1988.
- ALMEIDA, D.L.; SANTOS, G.A.; DE-POLLI, H. et al. Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro. Coleção Universidade Rural, Série Ciências

- Agrárias, nº 2, 1990.
- ALTIERI, M.A. Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture. Westview Press, 1987.
- AMADOR, E.S. Geologia e geomorfologia da planície costeira da Praia do Sul - Ilha Grande: Uma contribuição à elaboração do Plano Diretor da Reserva Biológica. Anuário do Inst. de Geociências, ed. UFRJ, Rio de Janeiro. p. 35-58, 1988.
- ANDERSON, J.M. & SWIFT, M.J. Decomposition in tropical forests. In: Suton, S.L.; Whitmore, T.C. & Chadwick, A.C., eds. Tropical rain forest ecology and management. Oxford, Blackwell, 1983.
- ANDERSON, J.M. Invertebrate-mediated transport processes in soils. Agriculture, Ecosystems and Environment, 24:5-19, 1988.
- ANDRADE, A.G. Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas. Dissertação de tese em Ciência do Solo, Departamento de Solo-UFRRJ, Seropédica, RJ, 1997.
- ANGULO, R. J.; RODOFF, G. & SOUZA, M.L.P. Relações entre a erodibilidade e agregação e características químicas de solos brasileiros. Rev. bras. Ci. Solo, 8: 133-138, 1984.
- ARAÚJO, D.S.D. & OLIVEIRA, R.R. Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, RJ): lista preliminar da flora. Acta. Bot. Bras. 7(2):83-94 (supl.), 1988.
- ARAÚJO, D.S.D.; OLIVEIRA, R.R; LIMA, E. & RAVELLI NETO, A. Estrutura da vegetação e condições edáficas numa clareira de mata de restinga na Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (RJ). Revista Brasileira de Ecologia, 01:36-43, 1997.
- ASSAD, M.L.L. Fauna do solo. In: Vargas, M.A.T. & Hungria, M. - Biologia dos

- solos dos cerrados. EMBRAPA/CPAC, Planaltina, DF, p. 363-443, 1997a.
- ASSAD, M.L.L. Papel da macrofauna edáfica de invertebrados no comportamento de solos tropicais. Congresso Brasileiro de Ciência de Solo, Rio de Janeiro, conferências, 1997b. (CR-ROM).
- AWETO, A.O. Effects of Shifting Cultivation on a Tropical Rain Forest Soil in Southwestern Nigeria. *Turriaba*, 38(1): 19-22, 1988.
- BADEJO, M.A. & VAN STRAALEN, N.M. Seasonal abundance of springtails in two contrasting environments. *Biotropica* 25(2):222-228, 1993.
- BAENA, A. R. C. Uso e desenvolvimento de áreas na Amazônia brasileira. Belém, EMBRAPA - CPATU, 22P. Documentos, 24, 1983.
- BANDEIRA, A.G. & SOUZA, P.C.S. Influência do pinheiro (*Pinus caribae*) sobre a fauna do solo na Amazônia. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Zoologia, nova série, p. 1-13, 1982.
- BARROS, M.E.; BLANCHART, E.; NEVES, A.; et al. Relação entre macrofauna e a agregação do solo em três sistemas na Amazônia Central. Congresso Latino Americano de Ciência do solo, Águas de Lindóia, SP. (CD-ROM), 1996.
- BARROS, N. F de & NOVAIS, R. F de. Aspectos da nutrição florestal em solos tropicais. Congresso Latino Americano de Ciência do Solo: Solo Suelo. Águas de Lindóia. SP, 1996. (CD-ROM).
- BARROW, C.J. Water resources and agricultural development in the tropics. Harlow, Longman, 1987.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; et al. Métodos de análises químicas de plantas: Boletim Técnico nº 78. IAC, Campinas, 48p. 1983.
- BEARE, M.H.; COLEMAN, D.C.; CROSLEY Jr; et al. A hierarchical approach to biogeochemical cycling. *Plant and Soil*, 170:522, 1995.
- BERNARDO, S. - Manual de irrigação. Viçosa, UFV, 464p., 1982.

- BERTOLINI, D. & LOMBARDI, F. N. Manual técnico de manejo e conservação do solo e água. Campinas: CA TI, 15p. (manual técnico, 38), 1993.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Livroceres, Piracicaba, SP, 1985.
- BEZERRA, B.R. & SOUZA SOBRINHA, M.C. O efeito da queimada na fertilidade do solo. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, SBCS, Manaus-AM, Resumos Expandidos, p. 333-334, 1996.
- BLAIKIE, P. The political economy of soil erosion in developing countries. Harlow, Longman, 1985.
- BLAIR, J.M.; CROSSLEY, D.A.Jr. & CALLAHAN, L.C. Effects of litter quality and microarthropods on dynamics and retention of oxogenous  $^{15}\text{N}$  in decomponig litter. Biology and Fertility of Soils, 12:241-252, 1992.
- BRAGA, J. M. Avaliação da fertilidade do solo (análise química) I e II parte. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa (Bol. técnico, 2 e 3), 1980.
- BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUCK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. Rev. bras. Ci. Solo, Campinas, 14(3):369-373, 1990.
- BRINKMANN, W. L. F.; NASCIMENTO, J. C. The effect of slash and burn agriculture on plant nutrients in the Tertiary Region of Central Amazônia. Acta Amazônica, v. 3, p. 55-61, 1973.
- BROWN, S. & LUGO, S.E. Tropical secondary forests. Journal of Tropical Ecology 6: 1-32, 1990.
- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. O solo em perspectiva. Cap. 1, 19-33, Rio de Janeiro, 1967.
- CAMARGO, O. A. Compactação no solo e desenvolvimento de plantas. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.
- CAMPOS, B.C. de; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; et al. Estabilidade estrutural

- de um latossolo vermelho-escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. *R. bras. Ci. Solo, Campinas*, 19: 121-126, 1995.
- CARPENTER, E.J. Nitrogen fixation in the epiphyllae and root nodules of trees in the lowland tropical rainforest of Costa Rica. *Acta Oecologica*, 13: 152-160, 1992.
- CHAPIN, F. S. The mineral nutrition of wild plants. *Ann. Rev. Ecol. Sys.* 11:233-260, 1980.
- CHAUVEL, A.; LUCAS, Y. & BOULET, R. The dinamics of the Amazonian forest: on the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazônia. *Experientia*, 43:234-241, 1987.
- CLEVELÁRIO JR., J. Quantificação da massa e do reservatório de nutrientes na serapilheira da bacia do Alto Rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca e avaliação da sua participação na ciclagem de nutrientes. Tese de Mestrado, Niterói, UFF/ Inst. de Geoquímica. 152 p., 1988.
- COLEMAN, D.C.; REID, C.P.P. & COLE, C.U. Biological strategies of nutrient cycling in soil system. *Advances in Ecology Research*, 24:117- 134, 1983.
- COLLIS-GEORGE, N. & LAL, R. Infiltration and structural changes as influenced by initial moisture content. *Aus. J. Soil Res.*, 9:107-116, 1971.
- CORREIA, M.E.F. Organização da comunidade de macroartrópodos edáficos em um ecossistema de mata atlântica de tabuleiros, Linhares, ES. Dissertação (Mestrado em Ecologia), UFRJ-Instituto de Biologia, Rio de Janeiro, 1994.
- CORREIA, M.E.F. Organização de comunidades da fauna de solo: O papel da densidade e da diversidade como indicadores de mudanças ambientais. Congresso Brasileiro de Ciência de Solo, Rio de Janeiro, conferências, 1997. (CD-ROM).

- CORREIA, M.E.F.; FARIA, S.V. de; CAMPELLO, E.F. & FRANCO, A.A. Organizaçāo da comunidade de macroartrópodos edáficos em plantios de eucaliptos e leguminosas arbóreas. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Resumos expandidos, 1:442-444. UFV, Viçosa, MG, 1995.
- CRITCHLEY, B.R.; LOOK, A.G.; CRITCHLEY, T.J. et al. Effects of bush clearing na soi1 cultivation on the invertebrate fauna of a forest soil in the tropics humid. *Pedobiologia*, 19:425-438, 1979.
- CUEVAS, E.; MEDINA, E Nutrient cycling in the conservation of soil fertility in the Tropics. Congresso Latino Americano de Ciência do Solo: Solo Suelo, Águas de Lindóia SP, 1996. CDI.
- CURRY, J.P.; BYRNE, D. & BOYLE, K.E. The earthworm population of a winter cereal field and its effects on soi1 and nitrogen turnover. *Biology and Fertility of Soils*, 19: 166-172, 1995.
- DALZELL, H.W.; BIDDLESTONE, A.J.; GRAY, K.R. & THURAIRAJAN, K. Soi1 management: compost production and use in tropical and subtropical environments. FAO, Rome, 1987.
- DELAMÔNICA, P. Floristica e estrutura de floresta atlântica secundária - Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, Ilha Grande, RJ. Dissertação de Tese, USP, SP, 1997.
- DEMATTÊ, J.L.I. & DEMATTÊ, J.A.M. Fertilidade e sustentabilidade de solos Amazônicos. Amazônia agricultura sustentável, UA, Manaus-AM, 1997.
- DEMATTÊ, J.L.I. Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos: região Amazônica. Campinas: Fundação Cargill, 215p., 1988.
- DEMÉTRIO, R. Efeito da aplicāo de matéria orgânica sobre a biomassa-C microbiana do solo e o crescimento e absorção de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.). UFRRJ, Itaguaí. Tese de Mestrado. 98p., 1988.

- DENICH, M. Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental Brasileira. EMBRAPA/CPATU, 1991.
- DERPSCH, R. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo, Roseldorf: TZ-Vert. - Ges; 272p. 1991.
- DETWILER, R.P. Land use change and the global carbon cycle: the role of tropical soils. *Biogeochemistry*, v. 12, p. 67-93, 1986.
- DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. *Soil & Tillage Research*, 11:199-238, 1988.
- DIEGUES, A.C. Diversidade Biológica e Culturas Tradicionais Litorâneas: O Caso das Comunidades Caiçaras. NUPAUB, Universidade de São Paulo, 1988.
- DIEZ, J.A.; POLO, A.; CERRI, C.C. & ANDREUX, F. Influencia do pousio e da pastagem sobre a dinâmica de nutrientes em Oxisolos recentemente desflorestados na Amazônia Oriental. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 26(1):77-83, 1991.
- DOMINGUES, A.J.P. Estudo do relevo, hidrografia, clima, vegetação das regiões programa do Estado do Rio de Janeiro, *Boletim Geográfico*, 34(248):5-73, 1976.
- EDWARD& C.A. The concept of integrated systems in lower-imput, sustainable agriculture. *American Journal of Agriculture*, 2(4): 148-152, 1987.
- EGLER, E.G. A zona bragantina no estado do Pará. *Rev. bras. Geogr.* 23:527-555, 1961.
- ELLIOTT, E.T.; HUNT, H.W. & VALTER, D.E. Detrital foodweb interactions in North American grassland ecosystems. *Agric. Ecosystems Environ.*, 24:41-56, 1988.

- ELTZ, F.L.F; PEIXOTO, R.T.G. & JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedade físicas e químicas de um latossolo bruno àlico. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 13(2):259-267, 1989.
- EMBRAPA/SCNLS Manual de métodos de análise de solos, Rio de Janeiro, 1979.
- EWEL, J. et al. Slash and burn impacts on a Costa Rican wet forest site. Ecology 62(3):816-829, 1981.
- EWEL, J.J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in Eastern Guatemala. J. Ecology 64:293-308, 1976.
- FACCIN, O.P.; FERREIRA, M.M.; CURI, N. & DIAS Jr., M.S. Influência das características químicas e mineralógicas sobre a estabilidade de agregados de diferentes solos com horizonte B Latossólico. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, SBCS, Manaus-AM, Resumos Expandidos, p. 602-603, 1996.
- FASSBENDER, H. W. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 ed. Turrilaba, Costa Rica: Centro Agronômico Tropical de investigation y Enseñanza. 491p. 1993.
- FASSBENDER, H.W. Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em ecossistemas florestais dos trópicos. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo. Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos. Centro de Pesquisa do Cacau, Ilhéus, BA, 1985.
- FAVRETTI, M.R.; PAOLETTI, M.G.; CAPORALI, F.; et al. Invertebrates and nutrients in Mediterranean vineyard mulched with subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). Biol. Fertil. Soils, 14:151-158, 1992.
- FEARNSIDE, P.M. Derrubada da floresta e roçagem de crescimento secundário em projetos de colonização na Amazônia brasileira e a sua relação à capacidade de suporte humano. Acta Amazônica 16/17, 123-141, 1986.

- FEARNSIDE, P.M., RANKIN, J.M. The New Jari: risks and prospects of a major amazonian development. *Interciênciac*, 7:329-339, 1991.
- FILSER, J.; FROMM, H.; NAGEL, R.F. & WINTER, K. Effects of previous intensive agricultural management on microrganisms and the biodiversity of fauna. *Plant and Soil*, 170:123-129, 1995.
- FLOGAITIS, E. Le peuplement de macroarthropodes édaphiques d'une forêt tempérée mixte: composition, phenologie et organization spatiale. *Pedobiologia* 26:1-14, 1984.
- FORSTER, G.R.; LOMBAERDI NETO, F. & MOLDENHAUER, W.R. Evaluation of rainfall- runoff erosivity factors for individual storms. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 5(1):124-129, 1982.
- FRAGOSO, C. & ROJAS-FERNÁNDEZ, P. Soil biodiversity and land management in the tropics. The case of ants and earthworms. In: *Interdisciplinary Symposium Soils and Biodiversity*, Anais, Mexico, 25:232-237, 1994.
- FRANCHINI, P. & ROCKETT, C.L. Oribatid mites as "indicator" species for estimating the environmental impact of conventional and conservation tillage practices. *Pedobiologia*, 40:217-225, 1996.
- FRANKEN, W. et al. Estado da interceptação da água de chuva em cobertura florestal amazônica do tipo terra firme. *Acta amazônica*, p.327-331, 1982.
- GAVANDE, A. G. *Física de Suelos. Principios, y aplicaciones*. 5. Ed. México: Limusa, 1986. 35lp.
- GOLLEY, F. B. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical Umida; tradução de Euripedes Malavolta. São Paulo: EPU; Ed. Da universidade de São Paulo, 1978.
- GOMEZ-POMPA, A. Possible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la flora tropical. *Biotropica* 3:125-35, 1971.

- GOMEZ-POMPA, A., & BURLEY, F.W. The management of natural tropical forest. In: Gomez-Pompa, A., Whitemore, T.C. & Hadley, M. Rain forest regeneration and management. Paris: Unesco, 1991.
- GREENLAND, D.J. Bringing the green revolution to the shifting cultivator. *Science*, 190:841-844, 1975.
- GROHMANN, F. & ARRUDA, H.V. - Influência do preparo do solo sobre a estrutura da terra roxa legítima. *Bragantia*, Campinas, 20: 1203-1204, 1961.
- HAAG, H. P. Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais, Campinas, SP Brasil. Fundação Cargil, 1985, 114p.
- HADLEY, R.F.; LAL, R.; ONSTAD, C.A.A; et al. Recent developments in erosion and sediment yield studies. *Technical Documents in Hydrology*, Unesco, Paris, 1985.
- HANLON, R.D.G. Some factors influencing microbial growth on soil animal faeces. II - Bacterial and fungal growth on small animal faeces. *Pedobiologia*, 21:264-270, 1981.
- HANLON, R.D.G. & ANDERSON, J.M. Influence of macroarthropod feeding activities on microflora in decomposing oak leaves. *Soil Biol. Bioch.* 12:255-261, 1980.
- HARADA, A.Y. & BANDEIRA, A.G. Estratificação e densidade de invertebrados em solo arenoso sob floresta primária e plantios arbóreos na Amazônia Central durante a estação seca. *Acta Amazônica*, 24(1/2): 103-118, 1994.
- HARTE, J.; RAWA, A. & PRICE, V. Effects of manipulated soil microclimate on mesofaunal biomass and diversity. *Soil Biol. Biochem.*, 28(3):3 13-322, 1996.
- HARWOOD, R.R. A history of sustainable agriculture. *Sustainable Agricultural Systems*, 1990.
- HEISLER, C. & KAISER, E.A. Influence of agricultural traffic and crop management on collembola and microbial biomass in arable soil. *Biology and*

- Fertility of Soils, 19: 159-165, 1995.
- HÉNIN, S.; GRAS, R. & MONNIER, G. Os solos agrícolas. Rio de Janeiro, Forense-Universitária; São Paulo, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1976.
- HERNANI, L.C.; SAKAI, E.; ISHIMURA, I. & LEPSCH, I.F. Influência de Métodos de Limpeza de Terreno sob Floresta Secundária em Latossolo Amarelo do Vale do Ribeira, SP: I. Dinâmica de atributos químicos, físicos e produção de milho. R. bras. Ci. Solo, 11:205-213, 1987.
- HERRERA, R.; JORDAN, C.F.; KLINGE, H. & MEDINA, E. Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. Interciencia 3:223-231, 1978.
- HILLEL, D. Solo e água: fenômenos e princípios físicos. Porto Alegre, Ed. Meridional "EMMA", UFRGS, 231 p., 1970.
- IAPAR Programa de Manejos e Conservação de Solos. Relatório técnico anual, Londrina, p. 173-194, 1984.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1996.
- JANOS, D.P. Tropical mycorrhizae, nutrient cycles and plant growth. In: Suton, S.L.; Whitmore, T.C. & Chadwick, A.C., eds. Tropical rain forest ecology and management. Oxford, Blackwell, 1983.
- JANSEN, D. H. Tropical Agroecosystems. Science, 182:1212-1219, 1973.
- JOHNSON, C. E. JOHNSON, A. H.; HUNTINGTON, T. G. Whole - tree clear - cutting effects on soil horizons and organic matter pools. Soil. Am. J., 55:497-502, 1991.
- JORDAN, C. F. E HEUVELDOP, J. The water budget of an amazonian rain forest. Axta Amazônia, n. 11, p. 87-92, 1981.
- JORDAN, C. F. Nutrient cycling in tropical forest ecosystems: principles and their application in management and conservation. Chichester: John Wiley Sons, 1985.

- JORDAN, C. F. Productivity of tropical rain forest ecosystems and the implications for their use as future wood and energy sources. In: Golley, F. B. ed. Tropical rain forest ecosystems. Amsterdam Elsevier, p. 117-136, 1983.
- JORDAN, C.F. & ESCALANTE, G. Root productivity in an Amazonian rain forest. *Ecology*, Durham, 61:14-18, 1980.
- JORDAN, C.F. Amazon rain forest. *Am. Sci. New Haven*, 70:394-401, 1982.
- JORDAN, C.F. Ciclagem de nutrientes e silvicultura de plantações na bacia amazônica. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo. Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos. Centro de Pesquisa do Cacau, Ilhéus, BA, 1985.
- JORDAN, C.F. Nutrient cycling processes and tropical forest management. In: A. Gómes-Pompa, T.C. Whitmote and M. Hadley (eds.) *Rain forest regeneration and management. Man and the biosphere series v. 6* Pub. UNESCO & The Parthenon Publ. Group. p. 159-180, 1991.
- KAMPICHLER, C. Community structure and vertical distribution of Collembola and Cryptostigmata in a dry-turf cushion plant. *Biology and Fertility of Soils*, 9:130-134, 1990.
- KENNEDY, A.C. & SMITH, K.L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. *Pant and Soil*, 170:75-86, 1995.
- KER, J.C. & RESENDE, M. Recursos edáficos dos cerrados: ocorrência e variabilidade. XIII Simpósio sobre Cerrado, 1st International Symposium on Tropical Savanas: EMBRAPA/CPAC, Brasília, 1996.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia. São Paulo, Ceres, 262p., 1979.
- KINDEL, A.; BARBOSA, P. & GARAY, I. Características húmicas como diagnóstico funcional de mata de capoeira na região de floresta atlântica de tabuleiros primeiros resultados. Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, UFV, Viçosa-MG, v. III, resumos expandidos, 1995.

- KIRSCHENMANN, F. Switching to a sustainable system: strategies for converting from conventional/chemical to sustainable/organic farming systems, NPSAP, 1988.
- KOBIYAMA, M.; SANTOS, H.R. & PREVEDELLO, C.L. Alteração do sistema poroso do solo devido atividade da minhoca (*Amynthas* spp). Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa, MG, resumos expandidos, vol. I, 1995.
- KOTSCHI, J.; WATERS-BAYER, A.; ADELHELM, R. & HOESLE, U. Ecofarming in agricultural development. Tropical agroecology 2, Margraf, Weikersheim, 1989.
- LAL, R & STEWART, B.A. Soil degradation. New York, 1990.
- LAL, R. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 24(1-3): 101-116, 1988.
- LAL, R. Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics. Columbus Ohio State University, 78p., 1994.
- LAL, R. Tropical ecology and physical edaphology. Wiley and Sons, 1987.
- LAMEGO, A.R. O homem e o brejo. IBGE, Rio de Janeiro, 204p., 1945.
- LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. (Tradutores Antônia de Pádua Danesi, Hildegard T. Buckup); revisão técnica e notas Antônia Lamberti. São Paulo: EBU, 319p. 1986.
- LABELLE, P. & PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in peruvian Amazonia. Pedobiologia, 33:283-290, 1989.
- LABELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. In: Interdisciplinary Symposium Soils and Biodiversity; International Congress of Soil Science, Mexico, Anais, p. 189-219, 1994.
- LABELLE, P. The soil system in the Humic Tropics. Biology International, 9:2-17, 1984.

- LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A. et al. Impact of soil fauna on the properties of soils in the Humid Tropics. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, nº 29, p. 157-185, 1992.
- LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; et al. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. *Biotropica* 25(2): 130-150, Washington, 1993.
- LEBERT, M. & HORN, R. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. *Soil & Tillage Research*, 19:275-286, 1991.
- LEBRUN, P.H. Quelques réflexions sur les rôles exercés par la faune édaphique. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 24(4):495-502, 1987.
- LEE, K.E. & FOSTER, R.C. Soil fauna and soil structure. *Australian Journal of Soil Research*, 29:745-776, 1991.
- LEE, K.E. & PANKHURST, C.E. Soil organisms and sustainable productivity. *Australian Journal of Soil Research*, 30: 855-892, 1992.
- LEE, K.E. The functional significance on biodiversity in soils. In: *Interdisciplinary Symposium Soils and Biodiversity; International Congress of Soil Science, Anais, Mexico*, 15:168-181, 1994.
- LEITE, L.L. Densidade global e infiltração de água no solo em área de cerrado submetida à queima controlada no DF, Brasil. In: *Miranda, H.S.; Saito, CH. & Dias, B.C.S. - Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga, Brasília, UnB*, p.31-36, 1986.
- LEKHA, A & GUPTA, S.R. Decomposition of *Populus* and *leuceana* leaf litter in an agroforestry system. *Int. Environ. Sci.*, 15:97-108, 1989.
- LEVING, S.C. Litter moisture content as a determinant of litter arthropod distribution and abundance during the dry season on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica*, 16(2):125-131, 1984.

- LIETH, H. Primary productivity of the major units of the world. In: Lieth, H. & Whittaker, R.H. - Primary productivity of the biosphere. Berlin: Springer-Verlag, 1975.
- LIMA, P.M.P.; BAHIA, V.G.; CURLIN, & SILVA, M.L.N. Conservação de solo: Princípios de erodibilidade do solo. Inf. Agropec., Belo Horizonte, 16 (176):38-43, 1992.
- LIMA, W. P. O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais. São Paulo, ARTPRESS 114p., 1987.
- LIMA, W. P.; POGGIANI, F.; VITAL, A. R. T. Impactos ambientais de plantações florestais sobre o regime hídrico e de nutrientes em bacias hidrográficas. Congresso Latino Americano de Ciência do Solo: Solo Suelo. Águas de Lindóia, SP, 1996.
- LLOYD, C. R; GASH, J. H. C e SHUTTLEWORTH. W. J. The Measurement and Modeling of rainfall Interception by Amazonian Rain Forest. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, n.43, p.277-294, 1988.
- LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Manejos dos restos culturais: efeito da queima sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo e sobre a produção de milho. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, SBCS, Santa Maria, 14:690-701, 1974.
- LOPES, E. S.; DIAS, R.; FREITAS, S. Influência dos microrganismos na nutrição dos cultivos nos trópicos. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo. Ilhéus, BA. p.77-102, 1984.
- LUGO, A. E.; CUEVAS, E; SÁNCHEZ, M. J. Nutrients and mass in litter and soil of ten tropical tree plantations, Plant and Soil, The Hague, 125:263-280, 1990.
- MACIEL, N.C.; ARAUJO, D.S.D. & MAGNANINI, A. Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ): Contribuição ao

- conhecimento da fauna e flora. Bol. FBCN 19: 126-148, 1984.
- MAGNANINI, A.; NEHAB, M.A.F. & ARAUJO, D.S.D. Plano Diretor da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul - RJ. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. RJ. 80p., 1985.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo. Agronômica Ceres, SP, 528p., 1976.
- MASON, E.G. Causes of juvenile instability of *Pinus radiata* in New Zealand. Forest Science, 15:263-280, 1985.
- MASSOT, C.; CANCELA da FONSECA, J.P. Étude, par l'analyse en composantes principales, de la mésofaune de la litière sous hêtre de quatre parcelles forestières exploitées différemment. Rev. Ecol. Biol. Sol, 23(1): 19-27, 1986.
- MEENTEMEYER, V. Macroclimatic and lignin control of decomposition rates. Ecology, 59:465-472, 1978.
- MEGGERS, B.J. Amazônia: a ilusão de um paraíso. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 207 p., 1977.
- MELO, N.J.; BARBIERI, L.C.S.; CHELLI, R.A. & LEITE, S.A.S. Efeito de cinco espécies de leguminosa sobre formas de carbono de um latossolo vermelho amarelo, textura média. Ciências Agronômica - UNESP, Jaboticabal v.5. n° 1, 1990.
- MILKÓS, A. A. W. - Contribuição da fauna do solo na gênese de latossolo e de "stone-lines". Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, SP, 1996.
- MIOLA, G.R.; TEDESCO, M.J.; BISSANI, C.A. & GIANELLO, C. Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo para as plantas através de membrana trocadora de íons. Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, UFV, Viçosa-MG, v. II, resumos expandidos, 1995.

- MIRANDA, J.; MENDONÇA, E.S., JR; JC; CHAVES, M.A.L. & ROCHA, A.A. Entrada de nutrientes na água de chuva e dinâmica da solução de um latossolo vermelho-amarelo sob mata secundária em Viçosa, MG. Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, UFV, Viçosa-MG, v. III, resumos expandidos, 1995.
- MIRANDA, J.C. O efeito da cobertura vegetal na entrada e redistribuição da chuva em uma encosta florestada. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, UFRJ, RJ, 1992.
- MME/PROJETO RADAMBRASIL Ministério das minas e energia: levantamentos dos recursos naturais-folhas SF 23/24 - Rio de Janeiro/Vitória, 1983.
- MOLION, L.C.B. Influência da Floresta no Ciclo Hidrológico. Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais, Curitiba, 1-7, 1985. (EMBRAPA, Documento 16).
- MORAN, E.F. A ecologia humana das populações da Amazônia. Ed. Vozes, Petrópolis. 301 p., 1990.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 7:95-102, 1983.
- MYERS, N. Conversion rates in tropical moist forest. In: GOLLEY, F. B. Topical rain forest ecosystems: structure and function. Amsterdam: Elsevier, 1983.
- NYE, P.H & GREENLAND, D.J. The soil under shifting cultivation. Commonwealth Bur. Soils Tech. Commun. 51. 156p., 1960.
- ODUM, E.P. Ecologia. Ed. Guanabara S.A., Rio de Janeiro, 434 p. 1983.
- ODUM, E.P. The strategy of ecosystem development. Science 164: 262-269, 1969.
- OLIVEIRA Jr, J.P.; LIMA, S.O. & MATTEUCCI, M.B.A. Efeito do fogo na fertilidade do solo sob pastagens. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Manaus - AM, resumos expandidos, p. 504-505, 1996.
- OLIVEIRA, E.P. Efeito de ambientes manejados sobre invertebrados terrestres. XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa, MG, resumos

- expandidos, vol. I, 1995.
- OLIVEIRA, E.P. Importância dos “solos suspensos” como habitat opcional para a comunidade edáfica. Um exemplo das Briófitas na Amazônia Central. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Rio de Janeiro (CD-ROM), 1997.
- OLIVEIRA, R.R. & COELHO NETO, A.L. O rastro do homem na floresta: A construção da paisagem da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha, Rio de Janeiro) a partir das intervenções antrópicas. Alberto, FEEMA/RJ, v.4, nº 10, 1996.
- OLIVEIRA, R.R. & LACERDA, L.D. Produção e composição química da serapilheira da Floresta da Tijuca, RJ. Revta. brasil. Bot. 16(1):93-99, 1993.
- OLIVEIRA, R.R. Produção e decomposição de serapilheira no Parque Nacional da Tijuca. Tese de mestrado, Inst. de Geociências, UFRJ, 107 p., 1987.
- OLIVEIRA, R.R., J. CLEVELÁRIO JR. & P. DELAMONICA. Captura e conservação de nutrientes em um gradiente sucessional de mata atlântica submetido a roças caiçaras. Em submissão à Rev. Bras. de Bot.
- OLIVEIRA, R.R.; LIMA, D.F.; DELAMÔNICA, P.; TOFFOLI, D.D. & SILVA R.F. Roça caiçara: um sistema “primitivo” auto-sustentável. Ciência Hoje 18 (104): 44-51, 1995.
- OLIVEIRA, V.H. de; BAHIA, V.G. Erodibilidade de seis solos do município de Lavras-MG, usando o método do nomograma. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(9): 1157-1162, 1984.
- PALMER, J.R. Jari: Lessons for Land Management in the Tropics. In: Gomez-Pompa, A.; Whitmore, T.C. & Hadley, M. Rain forest regeneration and management. Paris: Unesco, 1991.
- PANKHURST, C.E & LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems, p.3-12, 1994.

- PERES, J.R.R.; SUHET, A.R.; VARGAS, M.A.T. & DROZDOWICZ, A. Produção de resíduo vegetais em áreas de cerrados do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 18: 1037-1043, 1983.
- PERSSON, T. Role of soil animals in C and N mineralization. *Plant and Soil*, 115:241-245, 1989.
- PINHEIRO, L.B.A. Estudo da macrofauna de solos cultivados com cana-de-açúcar, sob diferentes manejos de colheita crua e queimada. Tese de mestrado, Itaguaí, UFRRJ, Departamento de Solos, 1996.
- PIZARRO-CEPEDA, J.G.; GUTIÉRREZ, J.R.; VALDERRAMA, L. & VASQUEZ, H. Phenology of the edaphic microarthropods in a Chilean Coastal desert site and their response to water and nutrient amendments to the soil. *Pedobiologia*, 40:352-363, 1996.
- POGGIANI, F; ZAMBERLAN, E.; MONTEIRO JR; E.; GAVA, I.C. Quantificação da deposição de folhedo em talhões experimentais de *Pinus taeda* *Eucalyptus viminalis* e *Mimosa scabrella* plantados em um área degradada pela mineração do xisto betuminoso. IPEF, Piracicaba, 37p., 21-29, 1987.
- POLITANO, W.; CORSINI, P.C. & SPOTO, R.S. Efeitos da erosão acelerada sobre o solo Podzólico Vermelho Amarelo do município de Taiaçú-SP. *Ciências Agronômica - UNESP*, Jaboticabal, v.5, n° 1, 1990.
- POUYAT, R.V.; PARMELEE, R.W. & CARREIRO, M.M. Environmental effects of forest soil-invertebrate and fungal densities in oak stands along an urban-rural land use gradient. *Pedobiologia*, 38:385-399, 1994.
- PRITCHETT, W. L. *Properties and Management of Forest Soils*. John Wiley and Sons. 500 pgs ilust. New York, Chechester, Brisbane, Toronto. 1979.
- PRITCHETT, W.L. *Suelos forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento*. Ed. Lumen S. A. México. 634p., 1986.

- PRUSKI, F.F.; GRIEBELER, N.P.; FERREIRA, P.A.; et al. Equações para estimativa do escoamento superficial máximo em 29 localidades do estado de MG. Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, UFV, Viçosa-MG, v. IV, resumos expandidos, 1995.
- RAISON, R.J. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformation: a review, *Plant and Soil*, 53:73-108, 1979.
- RAISON, R.J. Possible forest site deterioration associated with slash-burning. *Search* 11 (3):68-72, 1980.
- RAMAKRISHNAN, P.S. Rain forest ecosystem, function and its management in north-east India. In: A. Gómes-Pompa, T.C. Whitmote and M. Hadley (eds.) Rain forest regeneration and management. Man and the biosfere series Pub. UNESCO & The Patthenon Publ. Group. 6:323-334, 1991.
- RAVELLI NETO, A.; LIMA, E. & ANJOS, L.H.C. Roteiro de aulas de morfologia e física do solo. Itaguaí, UFRRJ, 56p., 1990
- REDDY, M.V. & VENKATAIAH, B. Effects of tree plantation on qualitative and quantitative composition of soil arthropods of a Semi-arid Tropical Savanna. *Environment & ecology*, 8(1):361-367, 1990.
- REDDY, M.V.; KUMAR, V.P.K.; REDDY, V.R.; et al. Earthworm biomass response to soil management in semi-arid tropical Alfisol agroecosystems. *Plant and Soil*, 19:317-321, 1995.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo, 188p., 1990.
- RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S.B. de & CORREIA, G.F. Pedologia: base para distinção de ambientes, Viçosa: NEPUT, 1995.
- RICHARDS, P. Indigenous agricultural revolution: ecology and food production in West Africa, 1985. In: Reijntjes, C.; Havikort, B. & Waters-Bayer, A. Agricultura para o futuro: uma introdução à agricultura sustentável e de baixo

- uso de insutnos externos. Trad.: John Cunha Cornerford, AS-PTA-Rio de Janeiro, 1994.
- ROCKETT, C.L. Agricultural impact on the horizontal distribution of Oribatid mites (Acari: Oribatida). In: Franchini, P. & Rockett, C.L. - Oribatid mites as “indicator” species for estimating the enviromental impact of conventional and conservation tillage practices. *Pedobiologia*, 40:217-225, 1996.
- RUBIO, E.C. & CHAMORRO, C. Coleopteros colectados en suelos de las regiones naturales de Colombia. Congresso Latino Americano de Ciência do solo, Águas de Lindóia, SP. (CD-ROM), 1996.
- SÁ, J.C.M. Manejo de fertilidade do solo no plantio direto. Fundação ABC, Caranbei, Castro, PR, 96p., 1993.
- SANCHEZ, P. A. Properties and management of soil in the tropics. John Wiley & Sons. New York. 618p., 1976.
- SANCHEZ, P. A.; BRADY, D. E. & VILLACHICA, J. H. Soil fertiyliy after clearing a tropical rain forest in Peru. *Soil Soc. Am. J. Madison* 47: 1171-1178, 1983.
- SANCHEZ, P.A. & BENITES. J.R. Low-input cropping for acid soils of the humid tropics. *Science*, 238:1521-1527, 1987.
- SÁNCHEZ, P.A. Suelos del trópico, características y manejo. San José, Costa Rica, 634p., 1981.
- SANTOS, D.; BAHIA, V.G. & TEIXEIRA, W.G. Conservação de solo: Queimadas e erosão do solo. *Inf. Agropec.*, Belo Horizonte, 16(176):62-68, 1992.
- SANTOS, M.M. Diversidade biológica, recursos genéticos e a sustentabilidade da agricultura. Congresso Brasileiro de Ciência de Solo, Rio de Janeiro, CD-ROM, 1997.
- SANTOS, P.F. & WHITFORD, W.G. The effects of microatthropods on litter decomposition in a Chihuahuan desert ecosystem. *Ecology*, 62:654-669, 1981.

- SAUTTER, K.D.; TANK, B.C.B.; DIONISIO, J.A. & SANTOS, H.R. Estudo da população de Oribatei (Acari: Clyplostigmata), Collembola (Insecta) e Oligochaeta, em diferentes ambientes de um solo degradada pela mineralização de xisto a céu aberto. Anais - Recuperação de Áreas Degradas. I Simpósio Sul-americano e II Simpósio Nacional, FUPEF-Curitiba, PR, 1997.
- SAUTTER, K.D.; SANTOS, H.R. & MARQUES, E.N. Comparação da população de Collembola (Insecta) entre plantio direto em três níveis de fertilidade, plantio convencional e um ecossistema natural (campo), através de índices faunísticos. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa, MG, resumos expandidos, vol. I, 1995.
- SCHMIDT, C.B. Lavoura caiçara. Serviço de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura. 112p., 1958.
- SEASTEDT, T. R. & CROSSLEY Jr., D. A. The influence of arthropods on ecosystems. BioScience 3(34):157-161, 1984.
- SEASTEDT, T.R. & CROSSLEY, D.A. Jr Nutrients in forest litter treated with naphthalene na simulated throughfall: a field microcosm study. Soil Biology and Biochemistry, 15: 159-165, 1983.
- SGARDELIS, S.P. & MARGARIS, N.S Effects of fire on soil microarthropods of a phryganic ecosystem. Pedobiologia, 37:83-94, 1993.
- SILVA DEL POZO, X. & BLANDIN, P. Les peuplements de macroarthropodes édaphiques a différentes étapes de la reconstitution en Equateur occidental. Rev. Ecol. Biol. Sol 28 (4), 435-442, 1991.
- SILVA, L.F. da Alterações edáficas em “solos de tabuleiro” por influência do desmatamento, queima e sistemas de manejos. Theobroma, Ilhéus, 11:5-9, 1981.
- SILVA, A.T. da & DUARTE, E.F. Irrigação: fundamentos e métodos. Itaguaí, UFRRJ, IT, 180p. 1980.

- SILVA, F.A.M.; BROWN, I.F. & AMARAL, E.F. Estudos do impacto do uso da terra sobre os estoques de nutrientes dos solos em diferentes ecossistemas no Acre. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Resumos expandidos, 3:619-621. UFV, Viçosa, MG, 1995.
- SILVA, I. de F. da & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação de agregados do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 21:113-117, 1997.
- SILVA, J.E & RESCK, D.V.S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M. - Biologia dos solos dos cerrados. EMBRAP/CPAC, Planaltina, DF, p.467-524, 1997.
- SILVA, L.F. Manejo dos recursos naturais dos Trópicos Úmidos e sua consequências, contradições e perspectivas de uso em agricultura sustentável. Agrotrópica, Itabuna, BA, 3(1): 15-22, 1991.
- SILVA, L.F. Solos tropicais: Aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo. Belém, Park, 1996.
- SILVA, M. F. F. Produção anual de serapilheira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme na área do rio Tocantins, Pará. INPA/FUA, Manaus, AM. Tese de Mestrado. 78p., 1982.
- SIQUEIRA, J. O. & FRANCO, A. A. Biotecnologia do solo; Fundamentos e perspectivas. Brasília: MEC/ABEAS; Lavras: ESAL/FAEPE, 1988.
- SIQUEIRA, J.O; MOREIRA, F.M.S; GRISI, B.N.; HUNGRIA, M. & ARAUJO, R. Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental. EMBRAPA, Brasília, 1422p., 1994.
- SMYTH, T.J. & BASTOS, J.B. Alterações na fertilidade de um Latossolo Amarelo àlico pela queima da vegetação. Rev. bras. Ci. Solo, Campinas, 8: 127-132, 1984.

- SMYTH, T.J. Manejo da fertilidade do solo para produção sustentada de cultivos na Amazônia. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. SBCS, UFV, Viçosa, MG, 1996.
- SNEDAKER, S.C. Successional immobilization of nutrients and biologically mediated recycling in tropical forests. *Biotropica*, 12:16-22, 1980.
- SOUZA, L.S. & COGO, N.P. Caracterização física em solo da unidade de mapeamento São Jerônimo - RS, em três sistemas de manejos. *R. bras. Ci Solo, campinas*, 2:170-175, 1978.
- SPERA, S.T.; BRAGA, A.R.S; CORREIA, J.R. & SOUSA-SILVA, J.C. Efeito do fogo nas características físicas de um latossolo vermelho-escuro no cerrado em planaltina, DF. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, CD-ROM, Rio de Janeiro, 1997.
- SPYCHER, G.; SOLLINS, P. & ROSE, S.L. Carbon and nitrogen in the light fraction of a forest soil: vertical distribution and seasonal patterns. *Soil Science*, 135:79-87, 1993.
- STARK, N. & C.F. JORDAN. Nutrient retention by root mass of an amazonian rain forest. *Ecology* 59:437-439, 1978.
- STEVENSON, F.J. Húmus Chemistry: genesis, composition, reactions. New York: John Wiley & Sons, 1982.
- STORK, N.E. & EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7(1/2):38-42, 1992.
- STRAALEN, N.M. van; KRAAK, M.H.S. & DENNEMAN, C.A.J. Soil microarthropods as indicators of soil acidification and forest decline in the veluwe area, the Netherlands. *Pedobiologia*, 32:47-55, 1988.
- SWIFT, M.J. Soil biodiversity and the fertility of tropical soils. *Biology International*, nº 33, p. 24-28, 1996.

- SWIFT, M.J.; HEAL, O.W. & ANDERSON, J.M. Decomposition in terrestria ecosystems, studies in Ecology. Blackwell, Oxford, vol. 5, 1979.
- TABARELLI, M.; VILLANI, J.P. & MANTOVANI, W. Estudo comparativo de dois trechos de floresta atlântica secundária, no Núcleo Santa Virginia do Parque Estadual da Serra do Mar, SP. Revta. do Inst. Florestal 6:1-6, 1994.
- TAYLOR, S.A. Physical Edaphology: The physics of irrigated and nonirrigated soils. W.H. Freeman and Company, San Franscisco, USA, 1972.
- TEIXEIRA, L.B. & BASTOS, J.B. Nutrientes nos solos de floresta primária e pastagem de *Brachiaria humidicola* na Amazônia Central. Belém:EMBRAPA/CPATU, boletim de pesquisa, 98, 31p., 1989.
- TEIXEIRA, L.B.; OLIVEIRA, R.F.; CARDOSO, E.M.R. & DANTAS, M. Agricultura migratório (Capitão Poço-PA. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, EMBRAPA/CPATU, Belém, PA, p. 43-44, 1988.
- TEUBEN, A. & VERHOEF, H.A. Direct contribution by soil arthropods to nutrient availability through body and fecal nutrient content. Biology and Fertility of Soils, 14:71-75, 1992.
- TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. J. Soil Sci., London, 33(2):141-163, 1982.
- TOFFOLI, D.D.G. Roça Caiçara: Uma abordagem etnoecológica de um sistema agrícola de herança indígena. Monografia de graduação do Depto. de Geografia e Meio Ambiente da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 87p. 1996.
- UHL, C. & JORDAN, C.F. Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. Ecology, 65: 1476-1490, 1984.
- UZÊDA, M.C; DENICH, M. & BONI, N.R. Efeito de diferentes formas de cultivo e do pousio sobre a estabilidade dos agregados em latossolo amarelo na

- Amazônia Oriental. Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, UFV, Viçosa-MG, v. IV, resumos expandidos, 1995.
- VALVERDE, O. Sistema de roças (*shifting cultivation*); caça e coleta; manejo de matas tropicais. Curso de Pós-graduação em geografia humana, UFRJ, apostila de aula, 1995.
- VAN VLIET P.C.J.; BEARE, M.H. & COLEMAN, M.H. Population dynamics and functional roles of Enchytraeidae (Oligochaeta) in hardwood forest and agricultural ecosystems. *Plant and Soil*, 170:199-207, 1995.
- VARJABEDIAN, R. Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais em mata atlântica de encosta e em uma mata sobre restinga, no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP. Dissertação de mestrado, São Paulo, Instituto de Biociências, 177p., 1994.
- VASCONCELOS, H.L. Effects of litter collection by understory palms on the associated macroinvertebrate fauna in Central Amazônia. *Pedobiologia*, 34:157-160, 1990.
- VELOSO, H.P.; FILHO, A.L.R.R. & LIMA, J.C.A. Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, RJ. 123p., 1991.
- VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: Fundação Cargill-Atualização em plantio direto, Campinas, SP, p. 163-179, 1985.
- VIEIRA, S. R.; CAMARGO, O.A. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo dentro de uma parcela experimental. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Porto Alegre, RS. Resumos dos trabalhos, SBCS, 1991.
- VILLAÇA, A.M.N. & MAIA, A.A. Identidade social do povo do Aventureiro. Relatório Técnico da FEEMA, Rio de Janeiro, 102 p., 1985.
- VITOUSEK, P. M. SANFORD, JR. Nutrient cycling in most tropical forest. *Annual Review Ecology Science*, 17:137-167, 1986.

- VOSS, M. Biologia do solo: suas relações com a química e a física do solo. Informativo do contrato de cooperação técnica EMBRAPA/FUNDAÇÃO ABS, 22:4-5, 1987.
- WARDLE, D.A.; YEATES, G.W.; WATSON, R.N. & NICHOLSON, K.S. The detritus food-web and diversity of soil fauna as indicators of disturbance regimes in agro-ecosystems. *Plant and Soil*, 170:35-43, 1995.
- WHITMORE, T.C. *An introduction to tropical rain forests*. Oxford, Clarendon Press. 224p. 1990.
- WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B. & CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, 26(5):189-193, 1971.
- WOLF, E.C. Mimicking nature: The sustainability of many traditional farming practices lies in the ecological models they follow. *Ceres* nº 20 p. 20-24, 1987.
- WOIJDMANSEE, R.G. Comparative nutrient cycles of natural and agricultural ecosystems: a step towards principles. *Agricultural ecosystems*, New York, 1984.
- “YANG, J.C. & INSAM, H. Microbial biomass and relative contributions of bacteria and fungi in soil beneath rain forest, Hainan Island, China. *Journal of Tropical Ecology*, 7:385-393, 1991.
- ZIGLIO, C.M.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M.A. Mecanismo de deslocamento de cálcio no solo. *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, resumos expandidos, vol. I, 1995.

## APÊNDICE



Foto 1 - Vegetação secundária, aproximadamente 5 anos, visto em primeiro plano.



Foto 2 - Aspecto da área após a derrubada da vegetação secundária.



Foto 3 - Fase inicial da queima da vegetação secundária, visto em primeiro.



Foto 4 - Aspecto da área após a queima da vegetação secundária (1<sup>a</sup> etapa da roça caiçara).



Foto 5 - Aspecto da área na fase inicial da cultura do feijão (2<sup>a</sup> etapa da roça caiçara).



Foto 6 - Aspecto da área na fase meado da cultura do feijão (3<sup>a</sup> etapa da roça caiçara).



Foto 7 - Aspecto da área após a colheita da cultura do feijão (4<sup>a</sup> etapa da roça caiçara).

#### DESCRIÇÃO DE PERFIL DO SOLO DA ÁREA ESTUDADA A – DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 21/04/98.

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO, COORDENADAS: Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (RBEPS), sudoeste da Ilha Grande, litoral sul do estado do Rio de Janeiro, coordenadas geográficas 23° 10' S e 44° 17' W, voltada para o mar aberto.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE PERFIL: descrito e coletado em trincheira aberta, com declividade média aproximadamente 60 % de declive, sob uma roça caiçara (de toco).

ALTITUDE: 90 metros.

LITOLOGIA: Rochas metamórficas de médio e alto grau.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Intemperizado das rochas supracitadas.

PEDREGOSIDADE: não pedregosa.

ROCHOSIDADE: ligeiramente rochosa.

RELEVO LOCAL: forte ondulado.

EROSÃO: moderada.

DRENAGEM: bem drenado.

USO ATUAL: roça caiçara (toco).

CLIMA: Af, da classificação de Koppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Rogério Ferreira da Silva.

## B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-20 cm, bruno-amarelado (10YR 5/6, seco), bruno (7,5YR 5/6, úmido); argila; moderado muito pequeno blocos; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa e transição plana e clara.
- AB 20-36 cm, bruno-claro (7,5YR 6/4, seco), bruno-amarelado-claro (5YR 6/4, úmido); argila; moderado muito pequeno blocos; duro, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa e transição plana e clara.
- BA 36-56 cm, bruno forte (7,5YR 5/8, úmido); argila; argila; moderado muito pequeno blocos; duro, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa e transição plana.
- B 56-102 cm, bruno-amarelado (IOYR 5/6, seco), bruno (7,5YR 5/6, úmido); argila; argila; moderado muito pequeno blocos; duro, friável, plástica e pegajosa e transição plana e Clara.
- C 102-150 cm, bruno-amarelado (10YR 5/6, seco), bruno (7,5YR 5/6, umido); argila; argila arenosa; moderado muito pequeno blocos; duro, friável, plástica e pegajosa e transição plana e clara.

RAÍZES: comuns finas no horizonte A; poucas finas no AB e ausentes nos demais horizontes.

**Tabela 29** - Análise granulométrica de solo (0-6 cm de profundidade sob o ecossistema de floresta secundária e roça caiçara.

Floresta secundária							Roça						
Bloco	%AT	%ART	%S	%ARN	GF		%AT	%ART	%S	%AN	GF		
I	53,6	37,0	9,4	17,4	52,4		53,3	37,9	8,7	14,6	61,3		
II	55,5	35,9	8,6	15,6	55,0		49,6	43,0	7,4	18,3	57,4		
III	51,7	34,2	14,1	16,1	52,2		44,9	46,5	8,6	21,0	55,1		
IV	54,4	38,7	6,9	18,7	52,2		43,9	45,6	1,5	22,6	50,4		
Média	53,8	36,4	9,7	17,0	53,0		47,9	43,3	8,8	19,1	56,1		

AT (areia total), ART (argila total). S (silte). ARN (argila natural). GF (grau de floculação).

**Tabela 30** - Macroartópodos coletados na floresta secundária (solo-serrapilheira) no mês de dezembro/96 (antes da derrubada).

<b>Grupos</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Ind./m<sup>2</sup></b>	<b>Erro/m<sup>2</sup></b>
Diptera	806,00	80,60	55,18	17,45	1289,60	279,20
Hemiptera	85,00	8,50	7,35	2,32	136,00	37,20
Homoptera	416,00	41,60	20,75	6,56	665,60	104,98
Trichoptera	36,00	3,60	2,76	0,87	57,60	13,95
Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coleoptera	335,00	33,50	13,36	4,22	536,00	67,60
Thysanoptera	12,00	1,20	1,55	0,49	19,20	7,84
Orthoptera	2,00	0,20	0,63	0,20	3,20	3,20
Psocoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Isopoda	108,00	10,80	9,62	3,04	172,80	48,69
Diplopoda	157,00	15,70	7,87	2,49	251,20	39,84
Blattaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diplura	26,00	2,60	3,31	1,05	41,60	16,73
Symplyla	2,00	0,20	0,42	0,13	3,20	2,13
Dermoptera	6,00	0,60	1,58	0,50	9,60	7,98
Oligochaeta	14,00	1,40	3,10	0,98	22,40	15,68
Aranea	82,00	8,20	6,63	2,10	131,20	33,54
Chilopoda	40,00	4,00	5,19	1,64	64,00	26,24
Pseudoscorpionida	22,00	2,20	2,15	0,68	35,20	10,88
L. de Diptera	51,00	5,10	5,38	1,70	81,60	27,24
L. de Coleoptera	175,00	17,50	18,00	5,69	280,00	91,05
L. de Trichoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Neuroptera	2,00	0,20	0,63	0,20	3,20	3,20
Hymenoptera	112,00	11,20	8,19	2,59	179,20	41,44
Formicidae	625,00	62,50	53,25	16,84	1000,00	269,42
Isoptera	105,00	10,50	5,21	1,65	168,00	26,37
collembola	177,00	17,70	22,71	7,18	283,20	114,91
<b>Total</b>	<b>3396,00</b>	<b>339,60</b>	<b>140,60</b>	<b>44,46</b>	<b>5433,60</b>	<b>711,36</b>

**Tabela 31** - Macroartópodos coletados na floresta secundária (solo-serrapilheira) no mês de fevereiro/97

<b>Grupos</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Ind./m<sup>2</sup></b>	<b>Erro/m<sup>2</sup></b>
Diptera	314,00	31,40	33,33	10,54	502,40	168,62
Hemiptera	43,00	4,30	2,36	0,75	68,80	11,94
Homoptera	443,00	44,30	35,47	11,22	708,80	179,46
Trichoptera	31,00	3,10	3,07	0,97	49,60	15,54
Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coleoptera	390,00	39,00	18,11	5,73	624,00	91,63
Thysanoptera	13,00	1,30	0,95	0,30	20,80	4,80
Orthoptera	2,00	0,20	0,63	0,20	3,20	3,20
Psocoptera	5,00	0,50	1,08	0,34	8,00	5,47
Isopoda	24,00	2,40	2,27	0,72	38,40	11,49
Diplopoda	6,00	0,60	0,84	0,27	9,60	4,27
Blattaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diplura	2,00	0,20	0,42	0,13	3,20	2,13
Symplyla	2,00	0,20	0,42	0,13	3,20	2,13
Dermoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oligochaeta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aranea	32,00	3,20	3,49	1,10	51,20	17,66
Chilopoda	6,00	0,60	1,58	0,50	9,60	7,98
Pseudoscorpionida	13,00	1,30	1,57	0,50	20,80	7,93
L. de Diptera	39,00	3,90	6,98	2,21	62,40	35,33
L. de Coleoptera	25,00	2,50	2,07	0,65	40,00	10,46
L. de Trichoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Lepidoptera	2,00	0,20	0,42	0,13	3,20	2,13
L. de Neuroptera	2,00	0,20	0,63	0,20	3,20	3,20
Hymenoptera	15,00	1,50	1,58	0,50	24,00	8,00
Formicidae	372,00	37,20	27,28	8,63	595,20	138,02
Isoptera	15,00	1,50	2,27	0,72	24,00	11,50
collembola	63,00	6,30	3,83	1,21	100,80	19,38
<b>Total</b>	<b>1859,00</b>	<b>185,90</b>	<b>106,39</b>	<b>33,64</b>	<b>2974,40</b>	<b>538,27</b>

**Tabela 32** - Macroartópodos coletados na floresta secundária (solo-serrapilheira) no mês de abril/97.

<b>Grupos</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Ind./m<sup>2</sup></b>	<b>Erro/m<sup>2</sup></b>
Diptera	241,00	24,10	19,49	6,16	385,60	98,61
Hemiptera	51,00	5,10	4,77	1,51	81,60	24,14
Homoptera	223,00	22,30	14,05	4,44	356,80	71,08
Trichoptera	16,00	1,60	1,43	0,45	25,60	7,23
Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coleoptera	150,00	15,00	7,72	2,44	240,00	39,05
Thysanoptera	54,00	5,40	8,17	2,58	86,40	41,33
Orthoptera	5,00	0,50	0,97	0,31	8,00	4,92
Psocoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Isopoda	75,00	7,50	6,17	1,95	120,00	31,21
Diplopoda	32,00	3,20	3,68	1,16	51,20	18,60
Blattaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diplura	25,00	2,50	1,65	0,52	40,00	8,35
Symplyla	6,00	0,60	0,70	0,22	9,60	3,54
Dermoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oligochaeta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aranea	36,00	3,60	2,27	0,72	57,60	11,49
Chilopoda	29,00	2,90	3,67	1,16	46,40	18,54
Pseudoscorpionida	37,00	3,70	2,36	0,75	59,20	11,94
L. de Diptera	17,00	1,70	1,64	0,52	27,20	8,28
L. de Coleoptera	66,00	6,60	4,01	1,27	105,60	20,27
L. de Trichoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Neuroptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hymenoptera	11,00	1,10	0,99	0,31	17,60	5,03
Formicidae	1258,00	125,80	89,56	28,32	2012,80	453,13
Isoptera	37,00	3,70	6,99	2,21	59,20	35,38
collembola	121,00	12,10	7,49	2,37	193,60	37,90
<b>Total</b>	<b>2490,00</b>	<b>249,00</b>	<b>109,98</b>	<b>34,78</b>	<b>3984</b>	<b>556,46</b>

**Tabela 33** - Macroartópodos coletados na floresta secundária (solo-serrapilheira) no mês de maio/97.

<b>Grupos</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Ind./m<sup>2</sup></b>	<b>Erro/m<sup>2</sup></b>
Diptera	61,00	6,10	4,93	1,56	97,60	24,95
Hemiptera	32,00	3,20	3,36	1,06	51,20	17,00
Homoptera	75,00	7,50	13,07	4,13	120,00	66,11
Trichoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coleoptera	231,00	23,10	14,26	4,51	369,60	72,13
Thysanoptera	15,00	1,50	1,84	0,58	24,00	9,31
Orthoptera	1,00	0,10	0,32	0,10	1,60	1,60
Psocoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Isopoda	231,00	23,10	18,18	5,75	369,60	91,99
Diplopoda	44,00	4,40	4,74	1,50	70,40	23,99
Blattaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diplura	8,00	0,80	1,03	0,33	12,80	5,23
Sympyla	11,00	1,10	1,60	0,50	17,60	8,07
Dermoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oligochaeta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aranea	36,00	3,60	3,41	1,08	57,60	17,23
Chilopoda	42,00	4,20	4,44	1,40	67,20	22,48
Pseudoscorpionida	48,00	4,80	5,35	1,69	76,80	27,07
L. de Diptera	24,00	2,40	1,96	0,62	38,40	9,89
L. de Coleoptera	130,00	13,00	16,65	5,26	208,00	84,23
L. de Trichoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Neuroptera	1,00	0,10	0,32	0,10	1,60	1,60
Hymenoptera	1,00	0,10	0,32	0,10	1,60	1,60
Formicidae	1497,00	149,70	228,06	72,12	2395,20	1153,89
Isoptera	6,00	0,60	1,07	0,34	9,60	5,44
collembola	445,00	44,50	29,08	9,20	712,00	147,13
<b>Total</b>	<b>2939,00</b>	<b>293,90</b>	<b>276,84</b>	<b>87,54</b>	<b>4702,40</b>	<b>1400,69</b>

**Tabela 34** - Macroartópodos coletados no agoecossistema caiçara (solo-serrapilheira) no mês de fevereiro/97 (antes do plantio).

<b>Grupos</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Ind./m<sup>2</sup></b>	<b>Erro/m<sup>2</sup></b>
Diptera	29,00	2,90	2,18	0,69	46,40	11,05
Hemiptera	1,00	0,10	0,32	0,10	1,60	1,60
Homoptera	29,00	2,90	3,28	1,04	46,40	16,60
Trichoptera	2,00	0,20	0,42	0,13	3,20	2,13
Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coleoptera	56,00	5,60	6,22	1,97	89,60	31,48
Thysanoptera	3,00	0,30	0,67	0,21	4,80	3,41
Orthoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Psocoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Isopoda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diplopoda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Blattaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diplura	4,00	0,40	0,97	0,31	6,40	4,89
Symplyla	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dermoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oligochaeta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aranea	7,00	0,70	0,95	0,30	11,20	4,80
Chilopoda	1,00	0,10	0,32	0,10	1,60	1,60
Pseudoscorpionida	1,00	0,10	0,32	0,10	1,60	1,60
L. de Diptera	7,00	0,70	1,49	0,47	11,20	7,56
L. de Coleoptera	4,00	0,40	0,70	0,22	6,40	3,54
L. de Trichoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Neuroptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hymenoptera	2,00	0,20	0,42	0,13	3,20	2,13
Formicidae	26,00	2,60	3,41	1,08	41,60	17,23
Isoptera	8,00	0,80	0,92	0,29	12,80	4,65
collembola	31,00	3,10	3,84	1,22	49,60	19,44
<b>Total</b>	<b>211,00</b>	<b>21,10</b>	<b>9,33</b>	<b>2,95</b>	<b>337,60</b>	<b>47,19</b>

**Tabela 35** - Macroartópodos coletados no agroecossistema caiçara (solo-serrapilheira) no mês de abril/97 (meado da cultura)

<b>Grupos</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Ind./m<sup>2</sup></b>	<b>Erro/m<sup>2</sup></b>
Diptera	160,00	16,00	27,04	8,55	256,00	136,81
Hemiptera	30,00	3,00	5,08	1,61	48,00	25,69
Homoptera	54,00	5,40	11,05	3,49	86,40	55,90
Trichoptera	5,00	0,50	1,58	0,50	8,00	8,00
Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coleoptera	85,00	8,50	7,59	2,40	136,00	38,40
Thysanoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Orthoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Psocoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Isopoda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diplopoda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Blattaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diplura	1,00	0,10	0,32	0,10	1,60	1,60
Sympyla	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dermoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oligochaeta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aranea	4,00	0,40	0,97	0,31	6,40	4,89
Chilopoda	1,00	0,10	0,32	0,10	1,60	1,60
Pseudoscorpionida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Diptera	6,00	0,60	0,97	0,31	9,60	4,89
L. de Coleoptera	14,00	1,40	1,58	0,50	22,40	7,98
L. de Trichoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Neuroptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hymenoptera	3,00	0,30	0,95	0,30	4,80	4,80
Formicidae	216,00	21,60	30,02	9,49	345,60	151,90
Isoptera	7,00	0,70	0,82	0,26	11,20	4,17
collembola	62,00	6,20	5,22	1,65	99,20	26,43
<b>Total</b>	<b>648,00</b>	<b>64,80</b>	<b>72,09</b>	<b>22,80</b>	<b>1036,80</b>	<b>364,75</b>

**Tabela 36** - Macroartópodos coletados no agroecossistema caiçara (solo-serrapilheira) no mês de maio/97 (após a colheita)

<b>Grupos</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Ind./m<sup>2</sup></b>	<b>Erro/m<sup>2</sup></b>
Diptera	24,00	2,40	4,30	1,36	38,40	21,76
Hemiptera	17,00	1,70	3,43	1,09	27,20	17,37
Homoptera	28,00	2,80	3,68	1,16	44,80	18,60
Trichoptera	1,00	0,10	0,32	0,10	1,60	1,60
Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coleoptera	17,00	1,70	1,42	0,45	27,20	7,18
Thysanoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Orthoptera	1,00	0,10	0,32	0,10	1,60	1,60
Psocoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Isopoda	2,00	0,20	0,42	0,13	3,20	2,13
Diplopoda	2,00	0,20	0,42	0,13	3,20	2,13
Blattaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diplura	2,00	0,20	0,42	0,13	3,20	2,13
Sympyla	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dermoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oligochaeta	6,00	0,60	1,26	0,40	9,60	6,40
Aranea	14,00	1,40	4,09	1,29	22,40	20,68
Chilopoda	1,00	0,10	0,32	0,10	1,60	1,60
Pseudoscorpionida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Diptera	12,00	1,20	1,48	0,47	19,20	7,47
L. de Coleoptera	24,00	2,40	3,84	1,21	38,40	19,41
L. de Trichoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L. de Neuroptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hymenoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Formicidae	31,00	3,10	6,06	1,92	49,60	30,68
Isoptera	9,00	0,90	1,29	0,41	14,40	6,51
collembola	57,00	5,70	5,10	1,61	91,20	25,80
<b>Total</b>	<b>248,00</b>	<b>24,80</b>	<b>17,17</b>	<b>5,43</b>	<b>396,80</b>	<b>86,88</b>

**Tabela 37** - Produção e acumulo de matéria orgânica e nutrientes na área de ecossistema de vegetação secundária e agroecossistema caiçara, diferenciadas por compartimentos, na RBEPS.

Compartimento	MO t/ha	N	P	K	Ca	Mg kg/ha	Fe	Cu	Zn	Mn
Solo										
0-5cm	25	--	2,5	89,8	400	132	--	--	--	--
5-10cm	21,5	--	1,8	68,8	280	102	--	--	--	--
10-20cm	38	--	3,4	123,8	460	168	--	--	--	--
20-30cm	36	--	2,4	111,1	440	168	--	--	--	--
<b>Total do solo</b>	<b>120,5</b>	--	<b>10,1</b>	<b>393,5</b>	<b>1580</b>	<b>570</b>	--	--	--	--
Serapilheira	5,1	7,2	6,2	33	130,5	14,4	0,16	0,05	0,26	2,3
Tronco	44,2	243	44,2	358	300,7	53	3,7	0,39	3,4	3,4
Galho grosso	8,9	42,6	9,9	92,4	69,9	9,9	0,66	0,07	0,16	0,64
Galho fino	7,2	60,1	8,7	88,1	47,7	8,7	0,65	0,08	0,24	0,60
Folha	3,8	104	11,9	105,7	49,1	17,8	0,71	0,04	0,20	0,70
Vegetação	64,2	450,8	74,7	644,2	467,4	89,4	5,72	0,58	1,9	5,34
Vegetação + Serapilh	69,4	458	80,9	677,2	597,9	103,8	5,88	0,63	2,16	7,64
<b>Res. na floresta sec.</b>	<b>189,9</b>	<b>458</b>	<b>91</b>	<b>1070,7</b>	<b>2177,9</b>	<b>673,8</b>	<b>5,88</b>	<b>0,63</b>	<b>2,16</b>	<b>7,64</b>
<b>Cinza</b>	<b>6,95</b>	<b>29,19</b>	<b>54,9</b>	<b>288,4</b>	<b>458,7</b>	<b>72,98</b>	<b>4,65</b>	<b>0,32</b>	<b>1,70</b>	<b>5,70</b>
Feijão										
folhas	0,47	16,3	1,22	15,51	14,57	3,2	0,78	0,004	0,04	0,14
Hastes	0,36	4,28	0,54	11,92	2,92	0,93	0,05	0,003	0,03	0,32
vagens	0,85	25,41	2,55	26,01	3,65	2,04	0,12	0,006	0,05	0,04
<b>Total do feijão *</b>	<b>1,68</b>	<b>45,99</b>	<b>4,31</b>	<b>53,44</b>	<b>21,14</b>	<b>6,17</b>	<b>0,95</b>	<b>0,013</b>	<b>0,12</b>	<b>0,21</b>
Feijão										
Hastes	0,54	5,4	0,86	21,54	31,10	14,36	0,13	0,005	0,04	0,06
Cascas	0,18	1,62	0,74	8,46	0,95	0,65	0,04	0,001	0,01	0,01
Grãos	0,54	18,9	2,59	10,15	0,86	0,86	0,07	0,005	0,02	0,01
<b>Total do feijão **</b>	<b>1,26</b>	<b>25,9</b>	<b>4,19</b>	<b>40,15</b>	<b>32,91</b>	<b>15,87</b>	<b>0,24</b>	<b>0,011</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>
Solo										
0-5 cm	23	--	5,55	135	360	114	--	--	--	--
5-10 cm	19	--	1,95	98,65	170	72	--	--	--	--
10-20 cm	31	--	3	158,6	260	108	--	--	--	--
20-30 cm	29	--	2,4	132,4	200	96	--	--	--	--
<b>Total do solo</b>	<b>102</b>	--	<b>12,9</b>	<b>524,65</b>	<b>990</b>	<b>390</b>	--	--	--	--
<b>Res. da roça caiçara *</b>	<b>110,63</b>	<b>75,18</b>	<b>72,11</b>	<b>866,45</b>	<b>1469,84</b>	<b>469,15</b>	<b>5,60</b>	<b>0,33</b>	<b>1,82</b>	<b>5,91</b>
<b>Res. da roça caiçara **</b>	<b>109,37</b>	<b>49,28</b>	<b>67,92</b>	<b>826,34</b>	<b>1480,61</b>	<b>453,28</b>	<b>4,89</b>	<b>0,32</b>	<b>1,75</b>	<b>5,78</b>

\* 70 dias após o plantio

\*\* após a colheita.

**Tabela 38** - Produção da cultura de feijão (por parcela) em um agroecossistema caiçara, na RBEPS.

Parcela	grãos (kg)	Produtividade/ha
1	6,50	1099,8
2	5,50	1295,9
3	4,25	883,7
4	4,50	853,8
5	5,75	974,5
6	5,50	724,6
7	6,00	750,0
8	4,25	535,2
<b>Média</b>	----	<b>889,74</b>