

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SANDRA CRISTINA LINS DOS SANTOS

AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-  
MATE E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA QUANTO À  
FITOSSOCIOLOGIA, PARAMETROS QUIMICOS E FISICOS DO SOLO E  
CICLAGEM DE NUTRIENTES

CURITIBA

2009

SANDRA CRISTINA LINS DOS SANTOS

AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-  
MATE E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA QUANTO À  
FITOSSOCIOLOGIA, PARAMETROS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO E  
CICLAGEM DE NUTRIENTES

Dissertação apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de Mestre do Curso de Pós-  
Graduação em Ciência do Solo, Área de  
Concentração Qualidade e Sustentabilidade  
Ambiental, Departamento de Solos e Engenharia  
Agrícola, Setor de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Celina Wisniewski  
Co-orientador: Carlos Bruno Reissmann

CURITIBA

2009

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Santos, Sandra Cristina Lins dos

Avaliação comparativa entre sistema agroflorestal com erva-mate e fragmento de Floresta Ombrófila Mista quanto à fitossociologia, parâmetros químicos e físicos do solo e ciclagem de nutrientes / Sandra Cristina Lins dos Santos. – Curitiba, 2009.  
1 recurso online: PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Orientadora: Celina Wisniewski

Coorientador: Carlos Bruno Reissmann

1. Erva-mate. 2. Sistema agroflorestal. 3. Serapilheira. 4. Solos florestais. I. Wisniewski, Celina. II. Reissmann, Carlos Bruno. III. Universidade Federal do Paraná. Programa Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título.



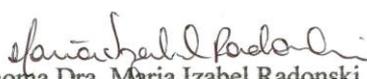
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)  
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648  
Página: [www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/](http://www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/)  
E-mail: [pgcsolo@ufpr.br](mailto:pgcsolo@ufpr.br)

## PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **SANDRA CRISTINA LINS DOS SANTOS**, sob o título: "**Avaliação comparativa entre sistema agroflorestal com erva-mate e fragmento de Floresta Ombrófila Mista quanto a fitossociologia, parâmetros químicos e físicos do solo e ciclagem de nutrientes**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido a candidata, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Qualidade e Sustentabilidade Ambiental"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 31 de julho de 2009.

  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Celina Wisniewski, Presidente.

  
Engenheira Agrônoma Dra. Maria Izabel Radonski, I.<sup>ª</sup> Examinadora.

  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Fabiane Machado Vezzani, II.<sup>ª</sup> Examinadora.



À Família Rosa,  
pelo exemplo de fé e atitude  
na construção de uma sociedade mais justa e  
de agroecossistemas mais sustentáveis.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje e em especial neste momento, àquelas que me ajudaram na realização deste trabalho.

À Celina Wisniewski pela orientação, mas sobretudo, pelo exemplo de pessoa humana e profissional. E ao meu Co-orientador Carlos Bruno Reissmann por toda a atenção dispensada.

Aos professores, dos Programas de Pós-Graduação em Ciência do Solo e de Engenharia Florestal pela oportunidade de acessar novas informações, mas principalmente, pelo desafio de construir novos conhecimentos. E aos professores responsáveis pelos Laboratórios de Física do Solo, de Fertilidade do Solo e de Biogeoquímica e Nutrição Mineral de Plantas pela compreensão diante da minha necessidade de utilizar estes espaços em horários alternativos ao expediente.

Aos meus maravilhosos amigos e amigas pela grande torcida que tanto me estimulou. E à Milena de Oliveira Werneck de Capistrano, à Bianca Ott Andrade, ao Vagner Lopes, ao Cesar Daniel Riveiros Reyes e à Tatiane Semchechem Lins que, além de torcer, me ajudaram nas etapas de laboratório.

Ao Anísio Francisco da Rosa e Jesse da Rosa por compartilharem seus conhecimentos a respeito do Sistema Agroflorestal com erva-mate, pela contribuição na definição dos objetivos do presente trabalho, pelo empenho na instalação do experimento e coletas a campo.

Aos meus pais Nery Lins dos Santos e Augusto Gonçalves dos Santos e aos meus irmãos Celso Roberto Lins dos Santos e Jane Regina Lins dos Santos pelo apoio, estímulo e amor incondicional.

Aos meus amados e adoráveis sobrinhos Lucas Henrique Lins Monteiro, Gabriela Novalkoski da Rosa, Luana Pereira Lins dos Santos e Davi Francisco da Rosa por serem minhas fontes de inspiração e de crença em um futuro melhor.

Agradeço ao meu companheiro Olcimar da Rosa pela imensa contribuição em todas as etapas deste estudo. Sua paciência, palavras de amor e sinceridade trouxeram conforto, estímulo e reflexões valiosas. Seu apoio qualificou este trabalho e me ajudou a crescer como pessoa.

## **Eu só peço a Deus**

Eu só peço a Deus  
Que a dor não me seja indiferente  
Que a morte não me encontre um dia  
Solitário sem ter feito o q'eu queria

Eu só peço a Deus  
Que a injustiça não me seja indiferente  
Pois não posso dar a outra face  
Se já fui machucada brutalmente

Eu só peço a Deus  
Que a guerra não me seja indiferente  
É um monstro grande e pisa forte  
Toda fome e inocência dessa gente

Eu só peço a Deus  
Que a mentira não me seja indiferente  
Se um só traidor tem mais poder que um povo  
Que este povo não esqueça facilmente

Eu só peço a Deus  
Que o futuro não me seja indiferente  
Sem ter que fugir desenganando  
Pra viver uma cultura diferente

Letra em espanhol:

León Gieco

Interpretação em português:

Beth Carvalho e Mercedes Sosa (*In memoriam*)

## RESUMO

Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) podem combinar altas produtividades a conservação dos recursos naturais. No centro-sul e sudeste do Paraná existem Sistemas Agroflorestais com erva-mate (*Ilex paraguariensis*), não havendo sistematização adequada das experiências. Este trabalho objetivou avaliar a fitossociologia, parâmetros químicos e físicos do solo e a ciclagem de nutrientes de um SAF com erva-mate, tendo como referência um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Secundária. As parcelas com área de 225 m<sup>2</sup> foram alocadas sobre Cambissolos Hápicos em relevo ondulado, sendo 7 em cada área de estudo. O levantamento fitossociológico considerou indivíduos com perímetros à altura do peito > ou = 15 cm. Procedeu-se a colheita da erva-mate em junho de 2008, sendo as amostras fracionadas em folhas, ramos finos e ramos grossos. Utilizando-se gabarito de 0,25 m<sup>2</sup> coletaram-se amostras da biomassa da regeneração natural, dividindo-se em folhas e ramos. Nos mesmos pontos coletou-se a serapilheira acumulada sobre o solo, fracionando-se em folhas, miscelânea e ramos. Dos tecidos vegetais foram obtidos os teores e as quantidades de N, P, K, Ca e Mg. Dos solos analisou-se: granulometria, porosidade, densidade, pH, Al<sup>+3</sup>, H+Al, SB, CTC<sub>a pH 7</sub>, V%, m%, MOS, N, P, K, Ca e Mg nas profundidades 0 – 5, 5 - 10 e 10 – 20 cm. Foram realizados o teste de Bartlett, a análise de variância e o teste de Tukey (p<0,05). O raleamento e a retirada da taquara (*Merostachys multiramea*) para a implantação do SAF diminuiu a diversidade no dossel, favorecendo o adensamento e a diversificação do estrato inferior. As florísticas das áreas apresentaram similaridade média. No SAF a *Piptocarpha angustifolia* (Asteraceae) apresentou maior valor de importância (VI), seguida pela erva-mate, favorecida pelo manejo. No Fragmento Florestal a *Clethra scabra* (Clethraceae) apresentou maior VI, seguida da *Aniba firmula* (Lauraceae). Ambos os sistemas foram classificados em estágio médio de regeneração (Capoeirão). A roçada da regeneração natural no SAF favoreceu espécies de interesse e adicionou quantidade e qualidade à serapilheira. O SAF apresentou maior acúmulo de folhas na serapilheira, embora sem diferenças estatísticas. O Fragmento Florestal apresentou maior acúmulo de ramos sobre o solo, diferindo significativamente do SAF. Os teores de N, P, Ca e Mg na serapilheira acumulada não apresentaram diferenças significativas entre os sistemas. As maiores quantidades destes nutrientes foram observadas no Fragmento de FOM, sendo diferente significativamente do SAF para P e Mg. Os teores e quantidades de K encontrados na serapilheira acumulada foram significativamente superiores no SAF. As quantidades de macronutrientes exportados pela colheita da erva-mate foram menores que as adicionadas pela roçada da regeneração. Os solos dos sistemas apresentaram altos teores de argila e MOS, baixas densidades, alta porosidade, acentuada acidez, alta saturação por Al e baixa saturação de bases. As maiores médias de N, K, Ca, Mg, SB e V% foram observadas nas camadas superficiais do solo do SAF, diferindo significativamente do Fragmento Florestal para K, Mg, SB e V%. O K apresentou diferenças significativas também na camada 5 a 10 cm. Os teores de P foram estatisticamente superiores na camada superficial do Fragmento Florestal.

Palavras-chaves: *Ilex paraguariensis*, serapilheira, exportação de nutrientes

## ABSTRACT

The Agro Forest Systems (AFSs) can be highly productive and at same time sustainable. In the Parana center south and south-west region there are agro forestry systems with *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae), but do not have any appropriate systematization of this experiences. This search, had like objective to evaluate the phytosociology, soil chemical and physical parameters and nutrients cycling of a AFS with *Ilex paraguariensis* having like comparative reference a remaining forest anthropogenic disturbance in Bituruna County, Parana State, Brazil. Were placed seven experimental plots with 225 m<sup>2</sup> in each area of study. The soils was classified like Cambissolos Haplicos in wavy relief. The phytosociology survey considered units of trees with diameter at breast height equal or larger than 15 cm. The *Ilex paraguariensis* harvest was made at June 2008. The wet weight was obtained in the field, the samples were withdrawn and fractionated in sheets, thin branches and thick branches. Using a template measuring 0,25 m<sup>2</sup>, biomass samples of natural regeneration were random collected, the samples were fractionated in sheets and branches. In the same points were collected the litter accumulated on the soil, in this case the samples were divided in miscellaneous sheets and branches. Were obtained the tenors and the quantities of N, P, K, Ca, Mg from collected samples. The soil analyses were: granulometric, porosity, density, pH, Al<sup>+3</sup>, H+Al, SB, CTC<sub>a</sub> pH 7, V%, m%, M.O, N, P, K, Ca and Mg in the soil layers 0 – 5, 5 – 10 and 10 – 20 cm. Were realized the variance analysis, Bartlett test and Tukey test (5% of probability). The *Merostachys multiramea* removing, to the AFSs implantation decreased the canopy diversity and favouring the densification and the diversification of inferior stratum. The AFS floristic and forest fragment floristic presented medium similarity. In the AFS, the *Piptocarpha angustifolia* (Asteraceae) showed the larger value of importance (VI) followed by the *I. paraguariensis* favored by the management. In the forest fragment, the *Clethra scabra* (Clethraceae) showed larger value (VI) followed by *Aniba firmula* (Lauraceae). Both systems were classified in medium stage of regeneration. The selective mowing made in the AFS favored the species of interest and added quality and quantity for litter. The AFS presented larger accumulation of sheets on the soil litter, however without significant statistic differences. The forest fragment presented branches accumulation larger, differing significantly from AFS. The levels of N, P, Ca e Mg had no significant differences among the systems. The lagers quantities of these nutrients were observed in the forest fragment, differing significantly from AFS for P and Mg. The levels and quantities of K found on the litter were significantly higher in the AFS. The exporting of macro nutrients by the *I. paraguariensis* harvest being lowest than the added by the cut of regeneration. The soils of the two systems presented good physical characteristics to the plant development. The soil were highly acids and with high saturation in aluminum and low saturation of bases. The larges averages of N, K, Ca, Mg, SB e V% were observed in the soil superficial layers of AFS, differing significantly from the forest fragment for K, Mg, SB e V%. The k showed significant differences also in the layer 5-10 cm. The levels of P were statistically highest in the superficial layer of forest fragment. The systems soils differences are related to the quantities and quality of the litter accumulated.

Keywords: *Ilex paraguariensis*, litter, nutrients exportation.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES FITOGEOGRÁFICAS MAIS REPRESENTATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ .....	16
FIGURA 2 - REMANESCENTES FLORESTAIS NO ESTADO DO PARANÁ NO ANO DE 1998.....	17
FIGURA 3 - ESTRUTURA DO SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (MUDAS PLANTADAS) .....	32
FIGURA 4 - ESTRUTURA DO SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (ÁRVORES NATIVAS) .....	32
FIGURA 5 - NÚMERO DE DE ESPÉCIES EM TRÊS ESTRATOS DE SISTEMA AGROFLORESTAL E EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	45
FIGURA 6 - DENSIDADE TOTAL DE ESPÉCIES E DENSIDADE DE ESTRATOS DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	46
FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO EM CLASSES DIAMÉTRICAS DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM) .....	47
FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO EM CLASSES DE ALTURA DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	48

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RELAÇÃO DE FAMÍLIAS, ESPÉCIES, NOMES COMUNS E GRUPOS ECOLÓGICOS PRESENTES EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	40
TABELA 2 - NÚMERO DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS (N), DENSIDADE ABSOLUTA (DA), DENSIDADE RELATIVA (DR), DOMINÂNCIA ABSOLUTA (DoA), DOMINÂNCIA RELATIVA (DoR), FREQUÊNCIA ABSOLUTA (FA), FREQUÊNCIA RELATIVA (FR), VALOR DE IMPORTÂNCIA (VI) E VALOR DE COBERTURA (VC) DE ESPÉCIES AMOSTRADAS EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA MATE.....	43
TABELA 3 - NÚMERO DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS (N), DENSIDADE ABSOLUTA (DA), DENSIDADE RELATIVA (DR), DOMINÂNCIA ABSOLUTA (DoA), DOMINÂNCIA RELATIVA (DoR), FREQUÊNCIA ABSOLUTA (FA), FREQUÊNCIA RELATIVA (FR), VALOR DE IMPORTÂNCIA (VI) E VALOR DE COBERTURA (VC) DE ESPÉCIES ENCONTRADAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA.....	44
TABELA 4 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DA REGENERAÇÃO NATURAL DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE.....	49
TABELA 5 - MÉDIAS DE MATÉRIA SECA E MACRONUTRIENTES (kg $ha^{-1}$ ) EM FRAÇÕES E NO TOTAL DA REGENERAÇÃO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE .....	50
TABELA 6 - MÉDIAS DE MATÉRIA SECA TOTAIS E DE FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	51
TABELA 7 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO (MÉDIAS DOS SISTEMAS AVALIADOS) .....	52
TABELA 8 - TEORES MÉDIOS DE POTÁSSIO EM FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	53

TABELA 9 - QUANTIDADES DE NITROGÊNIO (N) E FÓSFORO (P) EM (kg <sub>ha</sub> -1) EM FRAÇÕES E NO TOTAL DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	54
TABELA 10 - MASSA VERDE (kg <sub>ha</sub> -1) TOTAL E DE FRAÇÕES DA COLHEITA DE ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL.....	56
TABELA 11 - MÉDIAS DE MATÉRIA TOTAL E DE FRAÇÕES EM COLHEITA DE ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL.....	57
TABELA 12 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DA COLHEITA DA ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL.....	58
TABELA 13 - QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES (kg <sub>ha</sub> -1), EM FRAÇÕES ENO TOTAL DA COLHEITA DE ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL.....	59
TABELA 14 - TEORES MÉDIOS DE AREIA, SILTE E ARGILA EM SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE - SAF E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA – FOM (MÉDIAS DAS PROFUNDIDADES 0 A 5, 5 A 10 E 10 A 20 cm) .....	60
TABELA 15 - MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MOS), DENSIDADE DE PARTÍCULA, DENSIDADE DO SOLO E POROSIDADE TOTAL EM TRÊS PROFUNDIDADES DO SOLO (MÉDIAS DOS SISTEMAS AVALIADOS) .....	61
TABELA 16 - MACRO E MICROPOROSIDADE EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLOS SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	62
TABELA 17 - MÉDIAS DE pH, TEORES DE ALUMÍNIO (Al <sup>3+</sup> ), ACIDEZ POTENCIAL (H + AL) E CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA A pH 7 (CTC a pH 7) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	64
TABELA 18 - TEORES MÉDIOS DE CÁLCIO (Ca <sup>+2</sup> ), NITROGÊNIO (N) E SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO (m%) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO (MÉDIA DOS SISTEMAS AVALIADOS) .....	64

TABELA 19 - TEORES DE FÓSFORO (P), POTÁSSIO (K) E MAGNÉSIO (Mg) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTA COM ERVA-MATE (SAF) E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	65
TABELA 20 - MÉDIAS DE SOMA DE BASES (SB) E SATURAÇÃO DE BASES (V%) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	67
TABELA 21 - ESTOQUES DE N TOTAL, P DISPONÍVEL E Ca E Mg EXTRAÍVEL EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM) .....	68
TABELA 22 - QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES PRESENTES NO SOLO, NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, NA BIOMASSA DA REGENERAÇÃO NATURAL E NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF).....	69

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>14</b>
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
3.1	FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	15
3.1.1	Áreas de ocorrência natural e de remanescentes da FOM .....	15
3.1.2	Fitossociologia de FOM.....	18
3.2	SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF'S) .....	20
3.3	ERVA-MATE E OS SAF'S .....	21
3.3.1	Características da espécie .....	21
3.3.2	SAF's com erva-mate.....	24
3.4	CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ECOSISTEMAS FLORESTAIS E AGROFLORESTAIS .....	26
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>29</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO .....	29
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA AGROFLORESTAL A SER ESTUDADO	30
4.2.1	Localização e histórico da área experimental .....	30
4.2.2	Principais intervenções realizadas para implantação e manejo do SAF .....	30
4.3	LOCALIZAÇÃO, TAMANHO E NÚMERO DE PARCELAS .....	33
4.4	METODOLOGIA DOS LEVANTAMENTOS E ANÁLISES .....	33
4.4.1	Fitossociologia.....	33
4.4.2	Química e física do Solo .....	35
4.4.3	Tecido vegetal: regeneração natural, serapilheira acumulada e erva-mate ...	37
4.4.4	Análises estatísticas .....	38
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>40</b>
5.1	FITOSSOCIOLOGIA .....	40
5.2	REGENERAÇÃO NATURAL.....	49
5.3	SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO .....	51
5.4	COLHEITA DA ERVA-MATE.....	56
5.4.1	Produtividade do erval.....	56
5.4.2	Matéria seca, teor e quantidades de macronutrientes da erva-mate.....	57
5.5	FÍSICA DOS SOLOS .....	59

5.6	QUÍMICA DOS SOLOS.....	63
5.7	QUANTIDADES DE NUTRIENTES NO SOLO, NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, NA REGENERAÇÃO NATURAL ROÇADA E NAS FOLHAS E RAMOS DA ERVA-MATE .....	68
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>70</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>72</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>73</b>
	<b>ANEXO 1 - CÁLCULO DOS ESTOQUES DE MACRONUTRIENTES NOS SOLOS.....</b>	<b>82</b>
	<b>ANEXO 2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA .....</b>	<b>83</b>
	<b>ANEXO 3 – DENSIDADE DE ESPÉCIES POR ESTRATO .....</b>	<b>98</b>
	<b>ANEXO 4 – MÉDIAS DAS VARIÁVEIS ANALISADAS .....</b>	<b>100</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura do futuro deve ser tanto sustentável quanto altamente produtiva, o que requer uma nova abordagem que valorize aspectos conservacionistas da agricultura tradicional<sup>1</sup> local e ao mesmo tempo utilize-se de conhecimentos e métodos ecológicos modernos (Gliessman, 2005).

Neste sentido, os sistemas agroflorestais baseados na sucessão natural mostraram-se eficazes para recuperar áreas degradadas, integrando produção e conservação, além de contribuir para a recuperação, manutenção e melhoria da qualidade dos recursos naturais (Peneireiro, 1999).

No ano de 1998, grupos organizados de agricultores das regiões centro-sul e sudeste do Paraná, estimulados por um projeto coordenado pela AS-PTA<sup>2</sup>, iniciaram uma discussão sobre a necessidade de se desenvolver um sistema de produção mais sustentável para a exploração da erva-mate (*Ilex paraguayensis*), explorada historicamente na região, resultando em várias experiências de Sistemas Agroflorestais (SAF's) com a cultura.

Passada aproximadamente uma década, técnicos e agricultores relatam que os SAF's implantados na região, tem se mostrado produtivos e lucrativos. No entanto, não há uma sistematização adequada de tais experiências, sendo os resultados apresentados pouco precisos, tanto do ponto de vista quantitativo, quanto do ponto de vista qualitativo.

Portanto, o estudo de um caso destes SAF's com erva-mate, se justifica à medida que contribui para caracterização adequada da experiência, produzindo resultados que poderão auxiliar técnicos e agricultores na tomada de decisão para a implantação e manejo dos mesmos.

---

<sup>1</sup>“Povos e Comunidades Tradicionais: grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição” (Brasil, 2007).

<sup>2</sup> Organização Não Governamental de Assessoria e Serviços a Projetos de Agricultura Alternativa.

## 2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a fitossociologia, os parâmetros químicos e físicos do solo e a ciclagem de nutrientes de um Sistema Agroflorestal com erva-mate, tendo como referência comparativa um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Secundaria.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Proveder o levantamento fitossociológico de um Sistema Agroflorestal (SAF) com erva-mate e de um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Secundaria (FOM);
- b) Avaliar parâmetros químicos e físicos do solo no SAF e no Fragmento de FOM;
- c) Estimar a matéria seca e os teores de macronutrientes da serapilheira acumulada sobre o solo no SAF e no Fragmento de FOM;
- d) Estimar a biomassa e os teores de macronutrientes exportados com a colheita da erva-mate no SAF;
- e) Estimar a biomassa e os teores de macronutrientes do produto da roçada da regeneração natural do SAF.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

##### 3.1.1 Áreas de ocorrência natural e de remanescentes da FOM

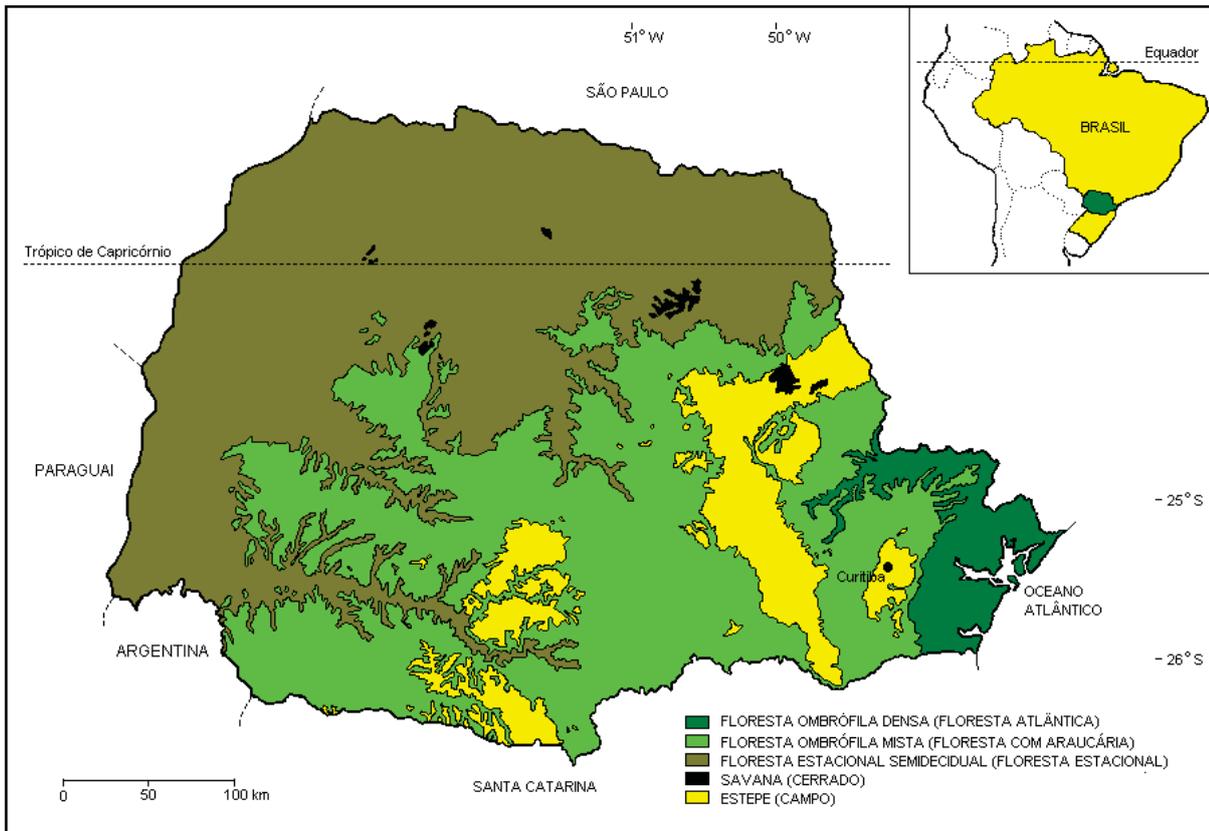
A Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como Floresta de Araucária, é encontrada nos planaltos do sul do Brasil, com disjunções no sudeste brasileiro (IBGE, 1992) e em países como o Paraguai e Argentina (Roderjan et al., 2002). Segundo Carvalho (1994) as formações florestais com *Araucaria angustifolia* cobriam originalmente, no Brasil, uma área de aproximadamente 200.000 km<sup>2</sup>, sendo 40 % desta superfície localizada no estado do Paraná, 31 % em Santa Catarina, 25 % no Rio Grande do Sul, 3 % em manchas esparsas no sul de São Paulo e 1 % no sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

A área de distribuição da Floresta Ombrófila Mista (FOM), no Paraná, está delimitada ao leste pela Serra do Mar e a região do Vale do Ribeira, onde está localizada a Floresta Ombrófila Densa, ao norte e oeste pela Floresta Estacional Semidecidual (FES), entremeada por Estepes e Savanas. A FES avança na área de FOM acompanhando os leitos de alguns rios (FIGURA 1).

Estudo detalhado, tendo como ferramenta o sensoriamento remoto e avaliações em loco constatou que a área de ocorrência da Floresta com Araucária no Paraná ocupa 41,5 % da área total do Estado, perfazendo 8.295.750 hectares, sendo que 14,1 % e 14,5 % destes, encontram-se, respectivamente, em estágios inicial e médio de sucessão (Castella e Britez, 2004). Os dados obtidos por este estudo vão um pouco além dos 7.378.000 ha apontados por Maack (1968).

No Paraná, ao longo da sua história de ocupação, observou-se uma acelerada eliminação da cobertura florestal, produto dos ciclos econômicos, particularmente, o da exploração da madeira, do café e, mais recentemente, o da soja (Sonda, 1996). Para Sanquetta (2006) as condições diferenciadas quanto a topografia, fertilidade natural do solo e histórico do processo de ocupação das regiões geográficas do Paraná determinaram diferentes graus de antropização dos remanescentes florestais.

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES FITOGEOGRÁFICAS MAIS REPRESENTATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ.



FONTE: Maack (1950)<sup>3</sup>, modificado por Roderjan et al. (2002, p. 76).

Na região da Floresta Ombrófila Mista, sobretudo nas regiões menos aptas às práticas da agricultura moderna (relevos acidentados e solos com baixa fertilidade natural), ainda predominam atividades tradicionais, como as culturas agrícolas para o auto-sustento, a extração da erva-mate e o pastoreio sob cobertura florestal (Sanquetta, 2006), garantindo a presença de remanescentes florestais, estando estes remanescentes localizados de maneira significativa na porção centro-sul do estado e acompanhando a Escarpa Devoniana no Primeiro Planalto, sendo as demais áreas espalhadas (Castella e Britez, 2004).

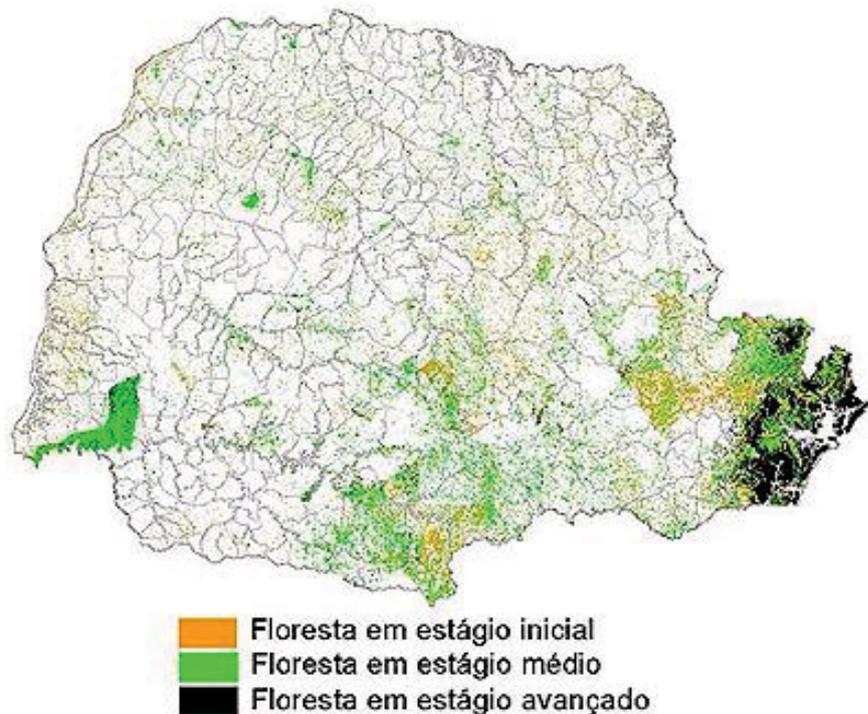
Na FIGURA 2, é possível observar a localização dos remanescentes florestais no Paraná de acordo com estágios sucessionais, destacando-se duas áreas protegidas por lei no Estado: o Parque Nacional do Iguaçu (a oeste) em sua maioria formado por Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio de sucessão e; a Serra do Mar e a Planície Litorânea (a leste) apresentando expressivas áreas de

<sup>3</sup> MAACK, R. Mapa Fitogeográfico do Estado do Paraná. Curitiba: IBPT-SAIC/INP. Um mapa 115 x 80 cm. 1:750.000. 1950.

Floresta Ombrófila Densa em estágios avançados de sucessão. Quanto aos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista, apresentam-se em vários estágios de sucessão, predominando os estágios iniciais.

A quase totalidade dos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista está sob posse privada (Catella e Britez, 2004), todavia a legislação ambiental vigente<sup>4</sup> impede ou impõe restrições severas ao manejo das áreas, mesmo aquelas excedentes as áreas de preservação permanentes (APP) e reserva legal (RL), fazendo com que os proprietários percebam estes remanescentes muito mais como um problema a ser eliminado do que uma oportunidade.

FIGURA 2 - REMANESCENTES FLORESTAIS NO ESTADO DO PARANÁ NO ANO DE 1998



FONTE: Sanquetta (2006, p. 45).

A preservação pela força da lei e da fiscalização, somente, não são suficientes. Uma ação de conscientização da sociedade, em geral, precisa ser oferecida pelos gestores dos órgãos oficiais competentes. O próprio manejo racional dessas florestas pode ser uma alternativa plenamente viável (Sanquetta e Mattei, 2002).

<sup>4</sup> Lei da Mata Atlântica nº 11.428 (Brasil, 2006) e Decreto nº 6.660 (Brasil, 2008).

Entretanto, Sanquetta, Dalla Corte e Einfeld (2003) ressaltam a necessidade de conhecer e respeitar a capacidade regenerativa e de produtividade para a implementação do manejo racional dessas florestas, já alteradas por seguidas ações antrópicas.

### 3.1.2 Fitossociologia de FOM

A composição florística da Floresta Ombrófila Mista é caracterizada por gêneros primitivos como *Drymis* e *Araucária* - Australásicos e *Podocarpus* - Afroasiático (IBGE, 1992).

De acordo com Veloso, Rangel Filho e Lima (1991), a FOM apresenta quatro subformações:

a) Aluvial: em terrenos antigos dos flúvios – *Araucaria angustifolia* associada com *Podocarpus lambertii* e *Drimys brasiliensis* ou gêneros da família Lauráceae;

b) Submontana: de 50 até mais ou menos 400 m de altitude;

c) Montana: de 400 até mais ou menos 1000 m de altitude – *Araucaria angustifolia* associada à *Ocotea porosa* formavam agrupamentos bem característicos e

d) Alto Montana: situada a mais de 1000 m de altitude – *Araucaria angustifolia* associada com *Podocarpus lambertii*, *Drimys brasiliensis*, *Cedrela fissilis* ou gêneros da família Lauráceae e Myrtaceae.

Na Estação Experimental da UFPR em São João do Triunfo, sudeste do Paraná, em área amostral de 4 hectares sob FOM Montana, utilizando-se DAP maior ou igual a 10 cm como critério de inclusão, Durigan (1999), encontrou 69 espécies de 29 famílias, sendo que a *Araucaria angustifolia*, *Matayba elaeagnóides*, *Nectandra grandiflora*, *Nectandra sp* e *Campomanesia xanthocarpa* representaram 37,33 % do total de indivíduos/ha. Entre as famílias mais importantes estavam a *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Araucariaceae* e *Sapindaceae*.

Caldeira (2003), estudando FOM Montana no município de General Carneiro, também sudeste do Paraná, tendo como área amostral 5 hectares, encontrou 39 espécies, pertencentes a 20 famílias botânicas, sendo que as cinco espécies com maior valor de importância foram a *Ocotea porosa*, a *Araucaria angustifolia*, a *Ilex paraguariensis*, a *Myrsine ferruginea* e a *Styrax leprosus*. Quanto às famílias as

cinco com maior valor de importância foram *Lauraceae* (58,54), *Araucariácea* (38,10), *Aquifoliaceae* (29,62), *Myrsinaceae* (24,68), *Myrtaceae* (22,32).

Conforme Sanqueta (2006), os níveis de desenvolvimento estrutural da floresta e a sua composição florística estão fortemente relacionados com processos ecológicos de antropização e sucessão natural, não negligenciando as influências dos fatores ambientais como topografia, pedologia, entre outros.

Diversos estudos têm relacionado fatores ambientais à distribuição de espécies em florestas tropicais, entretanto os resultados não são ainda conclusivos devido à complexidade das interações entre as inúmeras espécies e o ambiente (Rosário, 2001; Botrel *et al.*, 2002; Rodrigues *et al.*, 2007; Durigan *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2009). A topografia tem sido considerada como a mais importante variável na distribuição espacial e na estrutura das florestas, porque corresponde comumente às mudanças nas propriedades dos solos, particularmente no regime de água e na fertilidade dos solos (Botrel *et al.*, 2002; Rodrigues *et al.*, 2007). Botrel *et al.* (2002), estudando Floresta Estacional Semidecidual (FES) em Minas Gerais, verificou correlações significativas entre a abundância de várias espécies, a drenagem e a saturação de bases dos solos, sugerindo que água e nutrientes minerais são as principais variáveis ambientais determinando a distribuição das espécies na floresta. Rodrigues *et al.* (2007), também estudando FES, apontou que as variáveis relacionadas com a acidez e textura do solo apresentaram maior correlação com a distribuição das espécies, ao longo de um gradiente topográfico. Carvalho *et al.* (2009), estudando FOM Aluvial no Paraná indicou que a distribuição das espécies nos diferentes estratos está relacionada com algumas características do solo, sendo profundidade do lençol freático e teores de matéria orgânica e alumínio as mais importantes. Durigan *et al.* (2008) verificou que a similaridade florística é mais acentuada entre comunidades em estádios sucessionais semelhantes, especialmente quando são geograficamente próximas. Rosário (2001), comparando os padrões florísticos de Florestas com Araucária no RS, apontou que a riqueza de espécies está relacionada ao histórico das áreas e às condições de solo, sobretudo às concentrações de alumínio.

### 3.2 SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF'S)

“Os SAFs podem ser definidos como cultivos combinados de essências florestais com culturas anuais e/ ou com explorações animais, buscando otimizar a produção por unidade de área, mantendo o princípio do rendimento sustentado” (Croce, Nadal e Floss, 1997).

Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) como sistemas alternativos de produção de base familiar podem contribuir para que esses produtores tornem mais sustentáveis seus atuais sistemas de produção (Montoya, Rodgueri e Silva, 1990).

Entre os benefícios ou vantagens da adoção destes sistemas, destacam-se os aspectos: ecológicos (melhoria da conservação do solo, da qualidade da água e do microclima para as pessoas, plantas e animais e redução do corte das matas naturais remanescentes); econômicos (produção florestal e agrícola na mesma área, diversificação da produção, redução do emprego de insumos químicos, aumento da renda por unidade de área da propriedade, diminuição do risco técnico de perdas); sociais (aumento de emprego e melhoria da distribuição da mão-de-obra ao longo do ano e melhoria da qualidade de vida do produtor (Rodgueri, 2004). Tais sistemas tem sido cada vez mais importantes no Brasil, pelo menos como estratégia-piloto de desenvolvimento sustentável em ecossistemas ameaçados (Vivan e Floriani, 2004). Sendo assim, em 20 projetos avaliados pelo PDA/PPG-7/MMA<sup>5</sup> na Amazônia, 12, incorporaram SAF's como estratégia principal (Brasil, 2004). Entre todos os projetos ligados à recuperação e uso sustentável na Mata Atlântica e Cerrado, esta proporção é similar (Vivan e Floriani, 2004).

Peneireiro (1999) demonstrou que um SAF dirigido pela sucessão natural apresenta-se como um sistema de produção comprovadamente capaz de recuperar áreas degradadas, aliando produção à conservação, recuperação, manutenção ou ainda, melhoria da qualidade dos recursos naturais.

Segundo Vivan (1998), os Sistemas Agroflorestais apresentam uma maior complexidade em relação aos sistemas de monocultivos anuais ou povoamentos florestais homogêneos, tanto na sua forma (estrutura) e funcionalidade (ciclagem de nutrientes, sucessão ecológica, equilíbrio dinâmico), quanto na sua composição (biodiversidade).

---

<sup>5</sup> Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil. Subprograma Projetos Demonstrativos do Ministério do Meio Ambiente.

Assim, a composição florística e demais características de cada SAF além de estarem relacionadas ao ecossistema em que está inserido, serão determinados pelo Saber Ecológico (SE) dos agricultores, que inclui desde o zoneamento de áreas até identificação de espécies que oportunizem interações positivas dentro do SAF e de seus contextos sócio-culturais e econômicos (Vivan, 2000).

Os SAFs desenvolvidos na região centro-sul do Paraná são, em sua maioria, caracterizados pelo adensamento de mudas nativas de erva-mate no interior de fragmentos de Floresta Ombrófila Mista Secundária que variam em diversidade de espécies de acordo com o grau de exploração que sofreram<sup>6</sup>.

### 3.3 ERVA-MATE E OS SAF'S

#### 3.3.1 Características da espécie

A erva-mate (*Ilex paraguaiensis*) é uma espécie clímax, pertencente à família Aquifoliaceae. Associada à *Araucaria angustifolia*, cresce preferencialmente nas formações mais avançadas da Floresta Ombrófila Mista, mas regenera-se com facilidade quando a Floresta é raleada. Sua altura é variável podendo atingir até 25 m de altura e 70 cm de DAP (Carvalho, 1994).

Conforme Oliveira e Rotta (1985) a distribuição natural de *Ilex paraguariensis* abrange 540.000 km<sup>2</sup>, compreendendo territórios do Brasil, Argentina e Paraguai situados entre as latitudes de 21° S e 30° S e longitudes de 48° 30' W e 56° 10' W, com altitudes variáveis entre 500 e 1.000 m, compondo a florística das matas com Araucárias e das matas sub-tropicais do sul do Brasil. No nosso país a área de dispersão geográfica da espécie compreende a região centro-oeste do Rio Grande do Sul, grande parte do estado de Santa Catarina, as regiões centro-sul, oeste e nordeste do Paraná, pequena zona da região sudeste de São Paulo e a região sul do Mato-Grosso do Sul. O tipo climático Cfb de Koeppen, temperado sem estação seca, é predominante na área de ocorrência da erva-mate, entretanto a espécie aparece também em climas do tipo Cfa e Cwa.

A erva-mate caracteriza-se como planta esciófila, todavia aceita sombra em qualquer idade, tolerando mais luz na fase adulta. Geralmente, apresenta

---

<sup>6</sup> Não publicado. SANTOS, S. C. L. Diagnóstico realizado junto às famílias assentadas do Município de Bituruna como atividade da Assistência Técnica, Ambiental e Social. Bituruna, 2006.

dominância apical definida, mas responde bem a poda, rebrotando desde o colo até as porções superiores da planta (Carvalho, 1994).

De acordo com Mazuchowski (1991), a erva-mate é mais frequentemente encontrada sob solos medianamente profundos a profundos, de textura média ou argilosos, permeáveis, mas sem deficiência hídrica, com baixos teores de nutrientes trocáveis e altos teores de alumínio. Entretanto, Campos (1991, p. 12) em sua revisão bibliográfica concluiu que “as melhores condições de desenvolvimento, longevidade, sanidade e produtividade da erva-mate, estão intimamente ligadas à fertilidade do solo e à sua exploração racional”.

Para fins de produção comercial de erva-mate, Mazuchowski (1991) admite a existência de dois sistemas: os ervais plantados e o manejo dos ervais nativos.

Carvalho (1994) afirma que a erva-mate aceita o plantio solteiro a pleno sol ou em consórcio com culturas agrícolas, principalmente amandioca, milho e feijão. Contudo recomenda o plantio: misto com espécies pioneiras que lhe darão sombra, sobretudo durante a fase juvenil; em matas secundárias, capoeirões e capoeiras, com a abertura de faixas e plantios em linha; sob povoamentos de *Pinus* de clima temperado a partir do terceiro desbaste; sob povoamento adulto bem manejado de *Araucaria angustifolia*; e ainda o adensamento de ervais nativos, seja pelo plantio de mudas na mata raleada ou pelo favorecimento e condução da regeneração natural, quando ela é abundante.

A exploração da erva-mate consiste na colheita de folhas e ramos finos das árvores, além de botões e flores no final da safra, em outubro (Zampier, 2001). Reissmann *et al.* (1985) concluíram que as exportações de nutrientes dos ervais com a poda, são mais semelhantes aos de sistemas agrícolas do que florestais.

Os teores e as quantidades de nutrientes exportados, no entanto, podem variar em função de diversos fatores.

Oliva (2007) verificou diferenças significativas entre procedências de *Ilex paraguariensis* quanto à biomassa fresca e aos teores de N, P, Ca e Mg.

Campos (1991), estudando a biomassa e o conteúdo de nutrientes em compartimentos de dois povoamentos de erva-mate nos períodos de safra (maio-outubro) e de safrinha (dezembro-janeiro), constatou a maior biomassa total no povoamento com mais idade e no período da safrinha. A distribuição da matéria seca nos compartimentos variou entre os povoamentos e entre os períodos de colheita. Quanto as concentrações de N, P, K, Ca e Mg no tecido vegetal constatou

que, de modo geral, estão dentro da faixa de variação encontradas em outras folhosas. Todavia o Ca apresentou teores elevados na casca e na madeira. Os elementos apresentaram uma tendência de diminuir seus teores na safrinha, exceto o K.

Reissmann *et al.* (1985) verificaram variação estacional de teores e quantidades de macronutrientes, demonstrando que as exportações são sensivelmente influenciadas pela época de exploração, sendo as maiores taxas observadas no final da safra (outubro), fase de maior atividade fisiológica da planta.

Radomski *et al.* (1992) avaliaram teores de macro e micronutrientes em folhas jovens e velhas de árvores nativas desenvolvidas sobre solos ácidos, observando níveis foliares satisfatórios de N, K, Ca, Mg, Fe e Zn, concentrações elevadas de Cu em folhas jovens e altos teores de Al e Mn, principalmente em folhas velhas. Apesar dos baixos níveis de P em folhas velhas, não foram observados sintomas de deficiência, podendo indicar adaptação da erva-mate às condições do solo. Reissmann *et al.* (1983) já haviam observado baixos níveis de P nesta espécie.

Quadros *et al.* (1992), comparando os teores de macro e micronutrientes em folhas de erva-mate nativas sob sombreamento e a céu aberto, verificaram diferenças significativas quanto aos teores médios de N, K, Ca, Mg, Al, Mn, Fe e Si. Para a maioria dos nutrientes as maiores médias foram encontradas nas folhas sombreadas, sendo os teores médios de Al e Fe maiores a céu aberto. No entanto, Wisniewski *et al.* (1999) avaliando a nutrição e a exportação de nutrientes pela erva-mate plantada em diferentes ambientes, encontraram relação entre sombreamento e teor foliar apenas para o N, cujas concentrações foram ligeiramente superiores nas áreas sombreadas. Segundo estes autores a maior exportação foi verificada na área em que as árvores foram plantadas a pleno sol, pois a quantidade de biomassa podada foi maior.

Fossati (1997) analisou a produtividade e os níveis foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, B e Al em plantio homogêneo de erva-mate com 7 anos, em dez diferentes sítios localizados em uma topossequência, verificando diferenças entre os mesmos para os elementos avaliados, exceto para o K. Os teores de N foliar apresentaram tendência de diminuir de cima para baixo na pendente, enquanto que o Ca, Mg, Fe, Zn e B aumentaram neste mesmo sentido. As diferenças observadas entre os sítios quanto aos teores de P, Cu e Al não foram relacionadas à topossequência.

Analisando as variáveis de produtividade Fossati (1997) observou que a altura total, altura da copa e área de projeção da copa diminuíram de cima para baixo na toposequência. Por outro lado, o peso da massa verde, da massa seca e área foliar apresentaram pequena tendência de diminuir de baixo para cima no gradiente topográfico. Segundo este autor, os valores de pH, saturação de bases e teores de Ca, Mg e Mn do solo, apresentaram relações negativas com variáveis de altura total, altura da copa e área de projeção da copa. Estas variáveis de produtividade apresentaram relações positivas com Al trocável e acidez potencial do solo ( $H^+ + Al^{3+}$ ). O N foliar apresentou correlação positiva com parâmetros de produtividade da planta e com os níveis deste nutriente nos solos. Não se observou correlação entre o Al foliar com parâmetros de produtividade, demonstrando a alta tolerância da espécie ao acúmulo do elemento em suas folhas. Os baixos teores de P no solo e na folha não influenciaram as variáveis de produtividade.

Reissmann e Prevedello (1992) encontraram correlações positivas entre a calagem e a concentração de K, Ca, Mg e Fe nas folhas de mudas de erva-mate em casa de vegetação. Por outro lado, os autores observaram neste estudo a redução do crescimento da erva-mate em função de doses crescentes de calcário.

Santin (2008) verificou aumento da produtividade e do teor foliar de N, P e K em erval nativo adensado de 7 anos em resposta a aplicação de doses crescentes de adubação química.

Zampier (2001) avaliando os níveis de nutrientes em mudas de erva-mate com um ano em condições de viveiro após adubação mineral e orgânica e sua relação com a produtividade verificou que os maiores níveis foliares de N, P, Ca, Mg e Cu foram obtidas nos tratamentos com húmus de minhoca. Para K e Mn as maiores médias de teores foliares foram alcançadas pela aplicação de adubo químico (NPK). A variação nas doses de P não se traduziu em ganho de produtividade.

### 3.3.2 SAF's com erva-mate

Backes e Irgang (2002) sugerem que os densos agrupamentos de erva-mate encontrados em Florestas maduras sejam resultados de manejo realizado por indígenas.

Segundo Chang (1988) o uso da erva-mate foi uma prática indígena absorvida pelos colonizadores, tanto que a história da região centro-sul e sudeste do Paraná se confunde com a história da exploração dos ervais, sendo esses decisivos na formação da própria paisagem rural. Até o início da primeira guerra mundial a erva-mate era o esteio da economia paranaense, constituindo-se em fonte de riqueza e divisas, fazendo prosperar muitas cidades do sul do Paraná (Mazuchonski, 1991).

A colheita das folhas e ramos finos desta espécie ainda é uma atividade econômica de relevância para o estado, sobretudo para a região centro-sul e sudeste do Paraná. Em 2005, o Estado produziu 139.657 toneladas representando 58,5% do total nacional, sendo os Municípios de São Mateus do Sul, Paula Freitas, Inácio Martins, Cruz Machado, Bituruna e Pinhão os maiores produtores, contribuindo com 58,1% da produção estadual e com 34,0% da produção do País (IBGE, 2005). No município de Bituruna, a erva-mate ocupou 4.500 ha em 2005, sendo a segunda área plantada, ficando atrás apenas do milho com 7000 ha. As indústrias processaram neste mesmo ano 9.800 toneladas de folhas de erva-mate, contribuindo com uma fatia importante para o PIB municipal (IBGE, 2007).

Segundo relatos de técnicos, agricultores e empresários ervateiros do município de Bituruna - PR o extrativismo inadequado dos ervais nativos tem provocando a queda nas produções e o cultivo convencional<sup>7</sup> de erva-mate plantada eleva o custo reduzindo a lucratividade do setor [...] <sup>8</sup>.

Há um pouco mais de 10 anos, em 1998, grupos organizados de pequenos agricultores ligados a associações, sindicatos e movimentos sociais populares, estimulados por um projeto coordenado pela AS-PTA (Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa) e financiados pelo FNMA (Fundo Nacional do Meio Ambiente) iniciaram uma discussão sobre a necessidade de se desenvolver um sistema de produção mais sustentável. Estas discussões resultaram na implantação de várias experiências de Sistemas Agroflorestais com erva-mate na região centro-sul e sudeste do Paraná<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> O manejo convencional da erva-mate pressupõe a compra das mudas, a correção da acidez e adubação dos solos, bem como o controle das pragas e doenças com agroquímicos elevando os preços de implantação e manutenção dos ervais.

<sup>8</sup> Não publicado. SANTOS, S. C. L. Entrevistas realizadas como atividade do curso de Especialização em Agroecologia da UFSC/PRONERA. Bituruna, 2005.

Passados aproximadamente uma década, técnicos e agricultores relatam que os SAF's implantados na região, têm se mostrado produtivos, além de lucrativos, devido, principalmente, ao seu baixo custo de implantação e manutenção, pois necessitam de poucos insumos externos à propriedade e não apresentam problemas de pragas e doenças em consequência do maior estabilidade do sistema<sup>8</sup>.

### 3.4 CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ECOSSISTEMAS FLORESTAIS E AGROFLORESTAIS

A cobertura florestal, natural e plantada, e sua estrutura em bosque provêm o solo de um microclima e de um espectro de microrganismos diferentes daqueles associados com a maioria dos solos agrícolas. O aporte de serapilheira, sua decomposição e a rápida incorporação dos nutrientes fazem parte de um processo dinâmico que confere um caráter distinto aos solos sob cobertura florestal (Gama-Rodrigues, 2002).

Segundo Cunha et al. (1993), a serapilheira é a principal via de transferência de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e cálcio das plantas ao solo em ecossistemas florestais, assim o estudo da ciclagem de nutrientes minerais, via serapilheira é fundamental para conhecer a estrutura e funcionamento de tais ecossistemas.

A quantidade de serapilheira produzida por uma fitocenose em uma mesma zona climática é determinada por uma interação complexa de fatores locais, incluindo a fertilidade do solo, a disponibilidade de água no solo e o grau de perturbação da vegetação (Pagano e Durigan, 2000).

Backes et al. (2004), avaliando serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, na Floresta Nacional em São Francisco de Paula (RS), verificou uma produção média de 10.305,88 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de serapilheira depositada, e uma média de 14.296,00 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de serapilheira acumulada. Segundo estes autores, estes valores estão acima dos registrados para fitocenoses tropicais, indicando a tendência de acumular material. Já Figueiredo Filho (2005), estudando um remanescente de Floresta Ombrófila Mista localizada na Floresta Nacional de Irati, na região Centro-Sul do Estado do Paraná, encontrou uma produção anual média total de serapilheira de 6.331,07 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que a fração folha constituiu-se no principal componente.

Segundo Montagnini (1992) em Sistemas Agroflorestais a ciclagem biogeoquímica (interação solo-planta) contribui para manter a produtividade dos solos, permitindo otimizar os recursos naturais disponíveis, devido a coexistência de espécies de plantas com diferentes requerimentos de luz e com distintos requerimentos nutricionais, explorando diversas camadas do solo.

Arato *et al.* (2003), estudando a deposição de serapilheira em um sistema agroflorestal composto por mais de 20 espécies, entre frutíferas e nativas, implantado para a recuperação de área degradada, em Viçosa (MG), encontraram valores de produção total e de frações de serapilheira semelhantes aos encontrados em Florestas Estacionais Semidecíduais da Região Sudeste do Brasil.

Maia (2006), avaliando vários Sistemas Agroflorestais e Cultivos Tradicionais (roçada seguida de queima, cultivo e pousio) em comparação com Mata Nativa da Caatinga Cearense verificou que:

- a) O tratamento Sistema Agrosilvipastoril (AGP) manteve teores de bases trocáveis similares ao tratamento-referência Mata Nativa, além de exibir os maiores valores de saturação por bases em todas as profundidades avaliadas (0-6, 6-12, 12-20 e 20-40 cm);
- b) O tratamento AGP apresentou aportes líquidos de matéria seca de aproximadamente  $4,0 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , sendo este valor superior ao observado na Mata Nativa ( $3,7 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ );
- c) Os resultados foram atribuídos a grande capacidade do Sistema Agrosilvipastoril em aportar matéria orgânica ao solo, a ação de sistemas radiculares diversificados, e a conseqüente eficiência na ciclagem de nutrientes.

A implementação de Sistema Agroflorestal para o manejo do café na região da Zona da Mata em Minas Gerais aumentou os conteúdos de matéria orgânica e, conseqüentemente, potencializou a disponibilidade de nutrientes para as plantas, a conservação e a recuperação do solo, sendo esses aspectos de grande relevância para manter a produtividade do solo a longo prazo, principalmente em sistemas agrícolas que são manejados com poucos recursos externos por agricultores descapitalizados e assentados em solos distróficos, com relevos ondulados e montanhosos (Marin *et al.* 2004).

Araujo *et al.* (2004), relacionando a diversidade de espécies com a recuperação do solo em diferentes sistemas de produção e mata natural,

observaram que os índices de diversidade dos SAF's apresentaram juntamente com a mata, números superiores às demais formas de uso do solo na região, afirmando que em todos os casos de SAF a diversidade esteve acompanhada de ganho em termos de melhoria da qualidade do solo.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

Bituruna faz parte da mesoregião Sudeste do Paraná, localizando-se a uma latitude 26° 07'00" sul e longitude 51° 31'00" W – GR. (PARANA CIDADE, 2009). A área do município é de 123.942, 2 ha de extensão e está sob o substrato geológico formado pelo Derrame de Trapp da formação Serra Geral, compondo a bacia do Rio Iguaçu, apresentando relevo ondulado a forte ondulado, altitudes variando entre 750 a 1200 metros e predominância de neossolos litólicos, com manchas de cambissolos (Castella e Britez, 2004).

O clima, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb – Subtropical, Super-úmido sem estação seca com precipitação média anual variando entre 1.600 a 1.700 mm, Mesotérmico brando com temperaturas médias anuais entre 15 e 18 °C, com verões frescos e invernos com ocorrências de geadas severas e freqüentes (IAPAR, 1994).

Originalmente, grande parte da área de Bituruna era ocupada pela Floresta Ombrófila Mista (Mata com Araucárias), com poucas manchas de campos (Castella e Britez, 2004). Quanto aos remanescentes florestais, não há consenso entre as fontes consultadas. Levantamento realizado no período de 2000 a 2005, indicou que os remanescentes florestais ocupavam 18,0 % da área do município, todavia apontou um avanço no desmatamento, sendo verificado um decréscimo de 3,93 % da área de Floresta (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLANTICA e INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2008). Outro levantamento realizado em 2004 apontou que 47,4 % da área do município ainda era ocupada por florestas nativas, sendo 25,4 % em estágio inicial, 19,1 % em estágio médio, 1,5 % em estágio avançado e ainda 1,4 % de áreas com predominância de Araucárias (Castella e Britez, 2004). Sanquetta (2009) alerta que tamanha discrepância entre os dados a respeito da cobertura de remanescentes florestais deve-se principalmente ao fato de alguns levantamentos levarem em consideração apenas os estágios médio e avançado, desprezando os estágios iniciais.

Segundo os dados do Censo Agropecuário de 1995/96 (IBGE, 2009a), 93,1 % dos agricultores do município de Bituruna eram familiares. Este percentual certamente foi alterado, pois de acordo com INCRA (2007) existem no município sete Assentamentos de Reforma Agrária, sendo cinco deles implantados no período

de 1996 a 2004, totalizando 461 famílias assentadas. Os dados preliminares do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2009b) apontaram um acréscimo de 473 novos estabelecimentos agropecuários.

A maioria das famílias assentadas no Município de Bituruna desenvolvem a agricultura e a pecuária para o auto-sustento, comercializando o excedente da produção, tendo o feijão como a principal cultura comercial. O extrativismo florestal é importante componente da renda familiar, destacando-se a exploração da Bracatinga (*Mimosa scabrella*) e da erva-mate (*Ilex paraguayensis*) [...]<sup>9</sup>.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA AGROFLORESTAL A SER ESTUDADO

### 4.2.1 Localização e histórico da área experimental

A área experimental está localizada no Lote do agricultor assentado Anísio Rosa no Projeto de Assentamento de Reforma Agrária Rondon III.

Anísio relata que há 40 anos, quando a área ainda pertencia a Fazenda Rondon III, foram realizados cortes seletivos para a retirada das árvores com maior importância comercial como o Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*), a Imbuia (*Ocotea porosa*), entre outras espécies.

O SAF com erva-mate foi implantado em 1998 em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana de Formação Secundária, composto por indivíduos arbóreos entrando em final de ciclo, árvores adultas de várias espécies com menor valor econômico e árvores jovens oriundas da regeneração natural, além da taquara (*Merostachys multiramea*) que povoava abundantemente o sub-bosque da área.

### 4.2.2 Principais intervenções realizadas para implantação e manejo do SAF

Em 1998, para a abertura de espaço e o aumento da luminosidade, visando o desenvolvimento da erva-mate e de outras espécies de interesse já presentes na área, bem como das mudas que seriam introduzidas, foram realizadas as seguintes ações:

- a) Novo raleamento do Fragmento Florestal para a retirada de árvores maduras e em final de ciclo;

---

<sup>9</sup> Não publicado. SANTOS, S. C. L. Diagnóstico realizado junto às famílias assentadas do Município de Bituruna como atividade da Assistência Técnica, Ambiental e Social. Bituruna, 2006.

- b) Podas de galhos de algumas árvores;
- c) Roçada para a eliminação da taquara;
- d) Roçada seletiva da regeneração natural, favorecendo o crescimento de indivíduos de espécies arbóreas de interesse.

No ano seguinte, 1999, a taquara voltou a germinar, quando foi roçada novamente. Neste mesmo ano, foram coletadas sementes de matrizes nativas da região, sendo produzidas mudas de erva mate.

No ano 2000, foi realizado o adensamento da área, por meio do plantio de 2.000 mudas de erva-mate, com espaçamento de aproximadamente 3 m x 3 m. As plantas que não sobreviveram foram replantadas no ano seguinte. No primeiro e no segundo ano, após o plantio foi realizado o coroamento das mudas. Roçadas seletivas da regeneração da regeneração natural foram realizadas todos os anos que sucederam a implantação do SAF.

Podas de formação nas erva-mates plantadas foram realizadas a partir de 2002, a cada dois anos até 2006, sendo efetuada em 2008 a primeira poda comercial. As erveiras nativas também foram colhidas com intervalos de dois anos.

Nas FIGURAS 3 e 4 é possível visualizar a estrutura do SAF estudado.

Nos anos subseqüentes a 1998, Anísio Rosa e sua família foram implantando o mesmo sistema em novos talhões. Atualmente, a área manejada com SAF totaliza 7 hectares, sendo composta por um mosaico de povoamentos de erva-mate com várias idades de implantação, sobre várias classes de solo e fases de relevo.

FIGURA 3 – ESTRUTURA DO SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (MUDAS PLANTADAS)



FONTE: Gentilmente cedido por Olcimar da Rosa (2005).

FIGURA 4 – ESTRUTURA DO SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (ÁRVORES NATIVAS)



FONTE: Gentilmente cedido por Olcimar da Rosa (2005)

### 4.3 LOCALIZAÇÃO, TAMANHO E NÚMERO DE PARCELAS

No sentido de garantir menor heterogeneidade da área experimental, definiu-se pela instalação das parcelas de estudo sobre o talhão mais antigo, com 8 anos de implantação do SAF, sobre a mesma classe de solo e fase de relevo.

Para a classificação do solo, de acordo com EMBRAPA (2006), foram abertas trincheiras e realizadas tradagens em zigue e zague para avaliação das características morfológicas dos perfis e coleta de amostras para a análise química e granulométrica. As declividades foram verificadas utilizando-se um clinômetro, tendo como referência as fases de relevo estabelecidas por EMBRAPA (2006).

As parcelas foram instaladas em área com Cambissolos Háplicos, em relevo ondulado - superfície de topografia pouco movimentada, apresentando declives moderados variando de 8 a 20%, ficando a área de estudo limitada a uma faixa de 1.575 m<sup>2</sup>. O tamanho das parcelas foi definido tendo em vista o levantamento florístico a ser realizado, visando incluir aproximadamente 20 indivíduos com Perímetro à Altura do Peito (PAP) igual ou superior a 15 cm. Desta forma, foram instaladas 7 parcelas experimentais de 225 m<sup>2</sup>.

Também foram implantadas 7 parcelas experimentais de 225 m<sup>2</sup> em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista com Formação Secundária, contíguo as áreas de SAFs, onde não foi realizado nenhum tipo de intervenção antrópica nos últimos 40 anos. Entretanto, cabe ressaltar que ocorreu, em 2005, o fim do ciclo natural da taquara, alterando significativamente o perfil estrutural da área e a deposição de serapilheira.

### 4.4 METODOLOGIA DOS LEVANTAMENTOS E ANÁLISES

#### 4.4.1 Fitossociologia

Para o levantamento florístico foram considerados os indivíduos arbóreos com Perímetro à Altura do Peito (PAP) igual ou superiores a 15 cm. Foram levantadas entre outras variáveis a altura e a posição sociológica dos indivíduos amostrados, permitindo a avaliação da estrutura horizontal e vertical do SAF e do Fragmento Florestal.

A diferenciação das espécies a campo foi baseada na experiência prática acumulada pelo agricultor assentado a respeito da floresta e do SAF conduzido por

ele. A classificação botânica das mesmas foi realizada através de comparação do material coletado com exsicatas do Herbário do Departamento de Botânica do Setor de Ciências Biológicas da UFPR e recorrendo-se a ajuda de especialistas.

As espécies foram classificadas ainda quanto aos grupos ecológicos, em pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax, utilizando-se os princípios determinados por Kageyama e Viana (1992), Ferretti et al. (1995) e Carpanezzi e Carpanezzi (2006), aliadas as informações sobre as espécies apontadas por Carvalho (1994) e Lorenzi (1992).

Foi calculado para as duas áreas estudadas o índice de diversidade de Shannon-Weaver, através da equação (Magurran, 1988):

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

$H'$  = Índice de diversidade de Shannon-Wiener

$p_i$  =  $n_i/N$

$n_i$  = nº de indivíduos amostrados para a espécie  $i$

$N$  = nº total de indivíduos amostrados

$\ln p_i$  = Logaritmo neperiano de  $P_i$

Foi calculado o Índice de Similaridade de Sorensen Quantitativo, conforme as equações (Magurran, 1988):

$$ISs \text{ Quantitativo} = 2jN / A + B$$

$A$  = número total de espécies da comunidade 1

$B$  = número total de espécies da comunidade 2

$jN$  =  $\sum$  dos menores números de indivíduos encontradas entre as duas comunidades de cada uma das espécies comuns entre as comunidades

Foram realizados também os cálculos de densidade absoluta, densidade relativa, dominância absoluta, dominância relativa, freqüência absoluta, freqüência relativa, valor de importância e valor de cobertura, utilizando-se as seguintes equações (Mueller-Dombois e Ellenberg, 1974):

- a) Densidade Absoluta (DA): número de indivíduos de cada espécie por hectare;
- b) Densidade relativa (DR):  $DA / \text{número total de indivíduos por hectare}$ ;
- c) Dominância absoluta (DoA): área basal da espécie / hectare;
- d) Dominância relativa (DoR):  $[\text{DoA da espécie} / \text{área basal total}] * 100$ ;
- e) Freqüência absoluta (FA): % de parcelas em que ocorre uma determinada espécie;
- f) Freqüência relativa (FR):  $[\text{FA da espécie} / \sum \text{FA de todas as espécies}] * 100$ ;
- g) Valor de Importância (VI):  $DR + \text{DoR} + \text{FR}$ ;
- h) Valor de Cobertura (VC):  $DR + \text{DoR}$ .

Os indivíduos amostrados foram organizados nas seguintes classes diamétricas: 4,77 até 10 cm; > 10 até 20 cm; > 20 até 30 cm; > 30 até 40 cm, e; > 40 até 90 cm.

Os dados relativos à altura foram organizados em cinco classes: 1,8 até 5 m; > 5 até 10 m; > 10 até 15 m; > 15 até 20 m, e; > 20 m.

De acordo com a posição fitossociológica as espécies foram organizadas em três estratos: estrato inferior, intermediário e dossel.

#### 4.4.2 Química e física do Solo

Para a análise química dos solos, foram coletadas em dezembro de 2007, cinco amostras simples nas profundidades (0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm), distribuídas em zigue-zague nas áreas de cada uma das parcelas do SAF e do Fragmento de FOM. As amostras simples foram homogeneizadas formando um amostra composta por parcela.

As análises foram realizadas no laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, sendo determinados os seguintes parâmetros químicos: pH  $\text{CaCl}_2$ , pH SMP,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ , soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC), saturação de bases (V%), saturação em alumínio (m%), C, N, P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ . Para a obtenção do pH  $\text{CaCl}_2$  utilizou-se o cloreto de cálcio (0,01 molar). Para a determinação do pH SMP foi utilizado o método da solução tamponada. Depois de obtidos estes valores recorreu-se a tabelas pré-estabelecidas para obtenção dos valores da acidez potencial ( $\text{H}^+ +$

Al<sup>+3</sup>), tendo em vista a estreita correlação entre esta e o pH SMP. Para a extração de Al<sup>+3</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> utilizou-se solução de KCl. O K<sup>+</sup> e P através do extrator Mehlich 1. Para obtenção do C utilizou-se o dicromato de sódio e ácido sulfúrico (EMBRAPA, 1997). O N foi determinado no Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, através da digestão sulfúrica conforme metodologia descrita por Bremner (1996). A soma de bases (SB) foi obtida somando-se os valores de K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>. A capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC) obteve-se pela soma de H<sup>+</sup>+Al<sup>+3</sup> e SB. A saturação de bases (V%) obteve-se pela divisão de SB pela CTC, multiplicando-se por 100. E a saturação por alumínio (m%) foi obtida através da divisão de Al<sup>+3</sup> pela CTC efetiva, multiplicando-se por 100.

Para a análise dos parâmetros físicos do solo de granulometria (argila, silte e areia) e densidade de partícula foram utilizadas alíquotas das mesmas amostras utilizadas para a análise química. Para a determinação dos parâmetros de porosidade (macro, micro e total) e densidade do solo foram coletadas, em maio de 2008, duas amostras indeformadas em cada uma das parcelas nas profundidades 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm, utilizando-se anéis de metal.

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Física do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR. Para a determinação do teor de argila foi utilizado o método do densímetro, sendo usado o hidróxido de sódio como dispersante químico. O teor de areia foi obtido através de passagem por peneira de 0,053 mm de malha e lavagem com água deionizada para a retirada da matéria orgânica. O teor de silte foi estabelecido por diferença entre o teor de argila e areia (EMBRAPA, 1997).

A densidade do solo (Ds) foi obtida pelo método do anel volumétrico. A densidade de partícula (Dp) através do método do balão volumétrico. A porosidade total através da relação entre Ds e Dp. O método da mesa de tensão, com coluna de água de 60 cm (0,006 MPa), foi utilizado para obtenção da microporosidade. Já a macroporosidade foi obtida por diferença entre a porosidade total e a microporosidade (EMBRAPA, 1997).

Os estoques de macronutrientes no solo nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm, foram calculados em kg ha<sup>-1</sup>, seguindo-se os passos descritos no ANEXO 1.

#### 4.4.3 Tecido vegetal: regeneração natural, serapilheira acumulada e erva-mate

##### 4.4.3.1 Coletas a campo e preparação de amostras

Foram considerados regeneração natural os indivíduos com PAP inferiores a 15 cm, arvoretas, arbustos, plântulas de espécies arbóreas e plantas herbáceas. A coleta da biomassa verde da regeneração natural foi realizada em junho de 2008, simulando a roçada realizada todos os anos no SAF, cortando-se a vegetação a aproximadamente 10 cm do solo. As parcelas foram divididas em 9 quadrantes, sendo realizado o sorteio de três onde foram realizadas as coletas utilizando-se um quadrado de madeira de 0,25 m<sup>2</sup> como gabarito. As três amostras simples compuseram amostras compostas que representaram as parcelas. O material coletado foi fracionado em folhas e ramos.

No SAF a serapilheira acumulada sobre o solo foi coletada, logo em seguida, nos mesmos pontos em que foram realizadas coletas da biomassa verde da regeneração natural, utilizando-se o mesmo gabarito. Para a coleta da serapilheira acumulada sobre o solo do Fragmento Florestal também se dividiu as parcelas em 9 quadrantes e realizou-se o sorteio de três pontos, mantendo-se o mesmo gabarito. O material coletado foi fracionado em: folhas; ramos e galhos finos; e miscelânea.

A colheita da erva-mate foi realizada em cada uma das parcelas do SAF, em junho de 2008, utilizando-se os mesmos métodos dos agricultores da região. Toda a massa verde comercializável (folhas e ramos finos menores ou iguais a 2,5 cm), assim como os galhos e ramos grossos (maiores que 2,5 cm ou iguais a 10 cm) que usualmente ficam amontoados no campo foram pesados com balança de vara com precisão de 500 g. O produto comercializável foi homogeneizado, sob uma lona plástica, sendo retiradas alíquotas proporcionais ao peso total e acondicionadas em sacos plásticos para a obtenção do peso úmido de maneira mais precisa em laboratório. Esse procedimento também foi realizado para os ramos grossos e galhos. A alíquota de massa verde comercializável foi fracionada em folhas e ramos finos. O peso úmido foi obtido no mesmo dia utilizando-se uma balança de precisão de 0,001 g, disponível no laboratório de uma agroindústria de mel no Município de Bituruna.

#### 4.4.3.2 Análises dos teores de macronutrientes

No Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, as amostras da colheita de erva-mate, massa verde da regeneração natural e serapilheira acumulada sob o solo foram colocados para secar em estufa a 60° C, até peso constante. Depois os materiais foram triturados em moinho tipo Wiley, sendo retiradas alíquotas de 1 g que foram submetidas à digestão via seca com HCl 3 N para a determinação dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), e magnésio (Mg) por meio da metodologia descrita por Martins e Reissmann (2007). Os teores de N foram determinados por meio da digestão sulfúrica, sendo para tanto retiradas alíquotas de 0,5 g das amostras, segundo a metodologia de Bremner (1996).

#### 4.4.3.3 Cálculos das quantidades de nutrientes

A massa seca (MS) total e de cada uma das frações da colheita de erva-mate foram calculadas a partir do peso seco e do peso úmido das amostras, bem como do peso úmido total obtido no campo. Foram estimadas as quantidades de macronutrientes exportados pela colheita da erva-mate em  $\text{kg ha}^{-1}$ , levando-se em consideração a área da parcela, a MS total e os teores obtidos em  $\text{g kg}^{-1}$ .

A massa seca (MS) total e de cada uma das frações da regeneração natural e da serapilheira acumulada sobre o solo foram extrapoladas para  $\text{kg ha}^{-1}$ , a partir da área do gabarito e dos pesos secos das amostras. Com a MS e os teores em  $\text{g kg}^{-1}$  obtidos foram calculadas as quantidades de macronutrientes em  $\text{kg ha}^{-1}$  presentes na regeneração natural e na serapilheira acumulada.

#### 4.4.4 Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), sendo os sistemas (SAF e Fragmento Florestal) considerados os tratamentos e as parcelas consideradas as repetições. Para a análise dos parâmetros químicos e físicos do solo foram coletadas amostras em cada uma das parcelas nas profundidades 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm. Do mesmo modo para a análise da serapilheira as amostras das parcelas foram subdivididas nas frações folhas, miscelânea e ramos.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o software MSTAT-C (Michigan State University, 1989). Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett para a averiguação da homogeneidade das variâncias (aqueles dados em que o valor do qui-quadrado calculado foi maior que o tabelado foram realizadas transformações, sendo as equações indicadas no ANEXO 2). Foi também realizada análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey para comparação das médias a 95% de probabilidade.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 FITOSSOCIOLOGIA

Ao todo foram identificadas 44 espécies, pertencentes a 23 famílias. No SAF identificou-se 32 espécies e no Fragmento de FOM Secundário 31 espécies, com 18 espécies comuns aos dois ambientes.

Tanto no SAF quanto no Fragmento Florestal foram observadas espécies pertencentes a vários estágios sucessionais (TABELA 1).

Asteraceae, no SAF, apresentou 5 diferentes espécies e o maior número de indivíduos amostrados (33%). Lauraceae foi a segunda família em diversidade com 4 espécies, no entanto representou o quarto maior número de indivíduos amostrados (8 %), sendo superada apenas pela família Flacourtiaceae com 2 espécies que representaram 9 % dos mesmos. A família Aquifoliaceae apresentou 3 espécies, representando 14 % dos indivíduos amostrados.

No Fragmento Florestal, a família Clethraceae, com apenas uma espécie, representou 25 % dos indivíduos amostrados. Lauraceae representou 23 % destes, distribuídos em 5 espécies. Foram encontrados 3 espécies da família Aquifoliaceae, totalizando 7 % dos indivíduos amostrados.

TABELA 1 - RELAÇÃO DE FAMÍLIAS, ESPÉCIES, NOMES COMUNS E GRUPOS ECOLÓGICOS PRESENTES EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

				Continua
FAMÍLIAS / ESPÉCIES	Nome Comum	SAF	FOM	Grupo Ecológico
<b>ANNONACEAE</b>				
<i>Rollinia emarginata</i> Schlttdl.	Ariticum	•		NE
<b>AQUIFOLIACEAE</b>				
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	Voadeira		•	ST
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	Congonha	•	•	C
<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	Erva-mate	•		C
<i>Ilex theezans</i> Mart.	Caúna	•	•	NE
<b>ARAUCARIACEAE</b>				
<i>Araucária angustifolia</i> ( Bertol. ) Kuntze	Pinheiro do Paraná	•	•	C
<b>ASTERACEAE</b>				
<i>Baccharis oreophila</i> Malme		•		P
<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	Vassourão-branco	•	•	P - SI
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker		•		P
<i>Symphopappus compressus</i> B.L.Rob.	Vassourão-preto	•		NE
<i>Vernonanthura discolor</i> (Less.) H.Rob.	Vassourão folha larga	•	•	P - SI
<b>BIGNONIACEAE</b>				
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	Caroba		•	P
FAMÍLIAS / ESPÉCIES	Nome Comum	SAF	FOM	Grupo Ecológico

CANELLACEAE				
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwacke	Pimenteira	•		NE
CLETHRACEAE				
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Carne-de-vaca	•	•	P
CUNONIACEAE				
<i>Lamanonia speciosa</i> (Cambess.) L.B.Sm.	Guaraperê	•	•	SI
EUPHORBIACEAE				
<i>Sapium glandulatum</i> Pax	Leiteiro	•	•	P
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. R.J.Downs	Branquilha		•	SI
FLACOURTIACEAE				
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Guaçatunga	•		ST
<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	Guaçatunga-preto	•		ST
LAURACEAE				
<i>Aniba firmula</i> (Ness e C. Mart.) Mez	Canela rosa	•		ST
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees e Mart. ex Nees	Canela-branca	•		ST
<i>Nectandra megapotamica</i> Mez	Canela-imbuia		•	ST
<i>Ocotea bicolor</i> Vattimo-Gil		•	•	NE
<i>Ocotea porosa</i> (Mez) Barroso	Imbuia	•	•	C
<i>Ocotea puberula</i> Nees	Canela guaicá	•	•	SI
LEGUMINOSAE				
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Bracatinga		•	P
MELIACEAE				
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	•	•	SI
MYRTACEAE				
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	Uvaia		•	NE
<i>Myrceugenia miersiana</i> (Gardn.) D.Legrand e Kausel	Guamirim-branco	•	•	NE
<i>Myrcia rostrata</i> DC.		•		P – SI
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá		•	NE
PROTEACEAE				
<i>Roupala montana</i> Aubl.			•	NE
RUTACEAE				
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de-cadela	•		NE
SAPINDACEAE				
<i>Allophylus edulis</i> Radlk. ex Warm.	Vacum	•	•	P
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Miguel-pintado	•	•	C
SIMAROUBACEAE				
<i>Picramnia excelsa</i> Kuhlmann ex Pirani	Alecrim	•		
SOLANACEAE				
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Fumo-bravo		•	NE
<i>Solanum pseudo-quina</i> A.St.-Hil.	Pau-amargo	•	•	NE
<i>Solanum sanctae-katharinae</i> Dunal	Quina-branca	•		SI
STYRACACEAE				
<i>Styrax leprosum</i> Hook. e Arn.	Carne-de-vaca	•	•	SI
SYMPLOCACEAE				
<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand	Sete-sangria		•	NE
<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	Pasto-de-anta		•	NE
ULMACEAE				
<i>Celtis iguanaeus</i> Sarg.	Gurupιά	•		P
WINTERACEAE				
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	Cataia		•	NE

FONTE: O autor (2009).

NOTA: P – Pioneira; SI – Secundária Inicial; ST – Secundária Tardia; C – Clímax; NE - Grupos Ecológicos não encontrados na literatura consultada (NE).

No SAF (TABELA 2), *Piptocarpha angustifolia*, espécie típica de formação florestal secundária, apresentou o maior Valor de Importância (VI), seguida por *Ilex paraguariensis*. Segundo o histórico da área, no momento da implantação do sistema, as erveiras nativas eram pequenas árvores, demonstrando que a retirada da taquara (*Merostachys multiramea*), o raleamento do dossel, o coroamento das plantas e a roçada seletiva da regeneração favoreceram o desenvolvimento da espécie. A maior parte das mudas plantadas ainda não atingiram o PAP de 15 cm, portanto não foram amostradas no levantamento fitossociológico. Com o passar dos anos e o conseqüente desenvolvimento das erveiras o VI da erva-mate deve aumentar substancialmente.

No SAF (TABELA 2), as pioneiras *Vernonanthura discolor*, *Clethra scabra* e *Symphypappus compressus*, as secundárias iniciais *Styrax leprosum*, *Ocotea puberula* e *Cedrela fissilis*, além das secundárias tardias *Casearia decandra* e *Casearia obliqua* apresentaram altos VI. As árvores mortas apresentaram o quinto maior VI e representaram 4,5 % do nº total de indivíduos amostrados. Um número alto de árvores mortas numa comunidade pode indicar uma transição entre fases sucessionais, onde espécies que já completaram seu ciclo vital estão sendo substituídas por outras de estagio sucessional mais avançado.

No Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Secundária a espécie com maior Valor de Importância foi *Clethra scabra* (TABELA 3), espécie típica de formações florestais secundárias. *Aniba firmula*, espécie secundária tardia, apresentou o segundo maior Valor de Importância, sendo provavelmente remanescente da exploração florestal que ocorreu há 40 anos, apresentando PAP médio de 35,7 cm, bem superior ao das demais espécies que foi de 14,1 cm.

A pioneira *Allophylus edulis*, as secundárias iniciais *Styrax leprosum*, *Lamanonia speciosa*, *Sebastiania commersoniana* e *Ocotea puberula*, e as climáticas *Ocotea porosa* e *Ilex dumosa*, destacaram-se na florística do Fragmento de FOM, apresentando altos Valor de Importância. As árvores mortas apresentaram o oitavo maior valor de importância, representando 4,5 % dos indivíduos amostrados (TABELA 3).

Somente um indivíduo de *Araucaria angustifolia* (TABELA 3) espécie que caracteriza a Floresta Ombrófila Mista, foi encontrado no Fragmento Florestal estudado (Valor de Importância de apenas 5,42). Isto indica a exploração seletiva

ocorrida na área, com a retirada dos indivíduos desta espécie, de alto valor econômico.

No SAF foram amostrados 4 indivíduos de Pinheiro do Paraná, sendo dois deles jovens, com DAP médio de 6,7 cm e 5,5 m de altura, ocupando estratos inferiores. Neste sistema, o VI desta espécie foi de 20,86 (TABELA 2), comprovando-se que o manejo pode permitir o desenvolvimento, além da erva-mate, também de outras espécies de interesse econômico.

TABELA 2 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS (N), DENSIDADE ABSOLUTA (DA), DENSIDADE RELATIVA (DR), DOMINÂNCIA ABSOLUTA (DoA), DOMINÂNCIA RELATIVA (DoR), FREQUÊNCIA ABSOLUTA (FA), FREQUÊNCIA RELATIVA (FR), VALOR DE IMPORTÂNCIA (VI) E VALOR DE COBERTURA (VC) DE ESPÉCIES AMOSTRADAS EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA MATE

Nº	Nome científico	N	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	VI	VC
1	<i>Pitocarpha angustifolia</i>	29	184,13	118,79	3,09	0,15	100,00	7,78	126,72	118,94
2	<i>Ilex paraguariensis</i>	18	114,29	73,73	1,37	0,07	85,71	6,67	80,46	73,80
3	<i>Styrax leprosum</i>	10	63,49	40,96	1,58	0,08	100,00	7,78	48,82	41,04
4	<i>Vernonanthura discolor</i>	10	63,49	40,96	2,45	0,12	85,71	6,67	47,75	41,08
5	Morta	7	44,44	28,67	1,49	0,07	85,71	6,67	35,41	28,75
6	<i>Clethra scabra</i>	7	44,44	28,67	0,25	0,01	71,43	5,56	34,24	28,69
7	<i>Casearia decandra</i>	7	44,44	28,67	1,20	0,06	57,14	4,44	33,18	28,73
8	<i>Casearia obliqua</i>	7	44,44	28,67	0,66	0,03	42,86	3,33	32,04	28,71
9	<i>Ocotea puberula</i>	7	44,44	28,67	0,38	0,02	42,86	3,33	32,03	28,69
10	<i>Cedrela fissilis</i>	6	38,10	24,58	1,46	0,07	57,14	4,44	29,09	24,65
11	<i>Symphypappus compressus</i>	6	38,10	24,58	1,11	0,05	28,57	2,22	26,85	24,63
12	<i>Araucaria angustifolia</i>	4	25,40	16,39	0,70	0,03	57,14	4,44	20,86	16,42
13	<i>Piptocarpa axillaris</i>	4	25,40	16,39	0,48	0,02	42,86	3,33	19,74	16,41
14	<i>Matayba eleagnoides</i>	3	19,05	12,29	0,38	0,02	42,86	3,33	15,64	12,31
15	<i>Allophylus edulis</i>	3	19,05	12,29	0,29	0,01	42,86	3,33	15,64	12,30
16	<i>Lamanonia speciosa</i>	3	19,05	12,29	2,09	0,10	28,57	2,22	14,61	12,39
17	<i>Ocotea porosa</i>	3	19,05	12,29	0,38	0,02	28,57	2,22	14,53	12,31
18	<i>Rollinia emarginata</i>	3	19,05	12,29	0,19	0,01	28,57	2,22	14,52	12,30
19	<i>Ocotea bicolor</i>	2	12,70	8,19	0,38	0,02	28,57	2,22	10,43	8,21
20	<i>Sapium glandulatum</i>	2	12,70	8,19	0,10	0,00	28,57	2,22	10,42	8,20
21	<i>Baccharis oreophila</i>	2	12,70	8,19	0,09	0,00	28,57	2,22	10,42	8,20
22	<i>Ilex dumosa</i>	2	12,70	8,19	0,08	0,00	28,57	2,22	10,42	8,20
23	<i>Myrcia rostrata</i>	1	6,35	4,10	0,25	0,01	14,29	1,11	5,22	4,11
24	<i>Cinnamodendron dinissii</i>	1	6,35	4,10	0,21	0,01	14,29	1,11	5,22	4,11
25	<i>Celtis iguanaeus</i>	1	6,35	4,10	0,07	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
26	<i>Solanum sanctae-katharinae</i>	1	6,35	4,10	0,04	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
27	<i>Ilex theezans</i>	1	6,35	4,10	0,03	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
28	<i>Myrceugenia miersiana</i>	1	6,35	4,10	0,03	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
29	<i>Nectandra lanceolata</i>	1	6,35	4,10	0,02	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
30	<i>Picramnia excelsa</i>	1	6,35	4,10	0,02	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
31	<i>Solanum pseudo-quina</i>	1	6,35	4,10	0,02	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
32	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	6,35	4,10	0,01	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
Total		155	984,13	634,92	20,90		1285,71			

FONTE: O autor (2009).

TABELA 3 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS (N), DENSIDADE ABSOLUTA (DA), DENSIDADE RELATIVA (DR), DOMINÂNCIA ABSOLUTA (DoA), DOMINÂNCIA RELATIVA (DoR), FREQUÊNCIA ABSOLUTA (FA), FREQUÊNCIA RELATIVA (FR), VALOR DE IMPORTÂNCIA (VI) E VALOR DE COBERTURA (VC) DE ESPÉCIES AMOSTRADAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Nº	Nome científico	N	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	VI	VC
1	<i>Clethra scabra</i>	39	247,62	160,79	11,21	0,31	100,00	8,97	170,07	161,10
2	<i>Aniba firmula</i>	12	76,19	49,47	9,64	0,26	85,71	7,69	57,43	49,74
3	<i>Styrax leprosum</i>	10	63,49	41,23	2,90	0,08	71,43	6,41	47,72	41,31
4	<i>Ocotea porosa</i>	9	57,14	37,11	0,92	0,03	71,43	6,41	43,54	37,13
5	<i>Lamanonia speciosa</i>	8	50,79	32,98	1,17	0,03	57,14	5,13	38,14	33,01
6	<i>Sebastiania commersoniana</i>	8	50,79	32,98	0,61	0,02	28,57	2,56	35,56	33,00
7	<i>Ilex dumosa</i>	7	44,44	28,86	0,81	0,02	71,43	6,41	35,29	28,88
8	Morta	7	44,44	28,86	1,72	0,05	42,86	3,85	32,75	28,91
9	<i>Ocotea puberula</i>	6	38,10	24,74	3,09	0,08	71,43	6,41	31,23	24,82
10	<i>Allophylus edulis</i>	6	38,10	24,74	0,28	0,01	57,14	5,13	29,87	24,74
11	<i>Nectandra megapotamica</i>	5	31,75	20,61	0,92	0,03	28,57	2,56	23,20	20,64
12	<i>Ocotea bicolor</i>	4	25,40	16,49	0,43	0,01	42,86	3,85	20,35	16,50
13	<i>Roupala montana</i>	4	25,40	16,49	0,05	0,00	42,86	3,85	20,34	16,49
14	<i>Cedrela fissilis</i>	4	25,40	16,49	0,08	0,00	28,57	2,56	19,06	16,49
15	<i>Symplocos tenuifolia</i>	3	19,05	12,37	0,05	0,00	42,86	3,85	16,22	12,37
16	<i>Ilex theezans</i>	3	19,05	12,37	0,22	0,01	14,29	1,28	13,66	12,37
17	<i>Sapium glandulatum</i>	2	12,70	8,25	0,42	0,01	28,57	2,56	10,82	8,26
18	<i>Solanum pseudo-quina</i>	2	12,70	8,25	0,37	0,01	28,57	2,56	10,82	8,26
19	<i>Symplocos tetrandra</i>	2	12,70	8,25	0,35	0,01	28,57	2,56	10,82	8,26
20	<i>Mimosa scabrella</i>	2	12,70	8,25	0,63	0,02	14,29	1,28	9,54	8,26
21	<i>Araucária angustifolia</i>	1	6,35	4,12	0,42	0,01	14,29	1,28	5,42	4,13
22	<i>Vernonanthura discolor</i>	1	6,35	4,12	0,09	0,00	14,29	1,28	5,41	4,13
23	<i>Ilex brevicuspis</i>	1	6,35	4,12	0,08	0,00	14,29	1,28	5,41	4,13
24	<i>Jacaranda micrantha</i>	1	6,35	4,12	0,05	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
25	<i>Piptocarpha angustifolia</i>	1	6,35	4,12	0,05	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
26	<i>Drymis brasiliensis</i>	1	6,35	4,12	0,02	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
27	<i>Eugenia pyriformis</i>	1	6,35	4,12	0,02	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
28	<i>Matayba elaeagnoides</i>	1	6,35	4,12	0,02	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
29	<i>Myrceugenia miersiana</i>	1	6,35	4,12	0,02	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
30	<i>Psidium cattleianum</i>	1	6,35	4,12	0,02	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
31	<i>Solanum mauritianum</i>	1	6,35	4,12	0,02	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
Total		154	977,78		36,68		1114,29			

FONTE: O autor (2009).

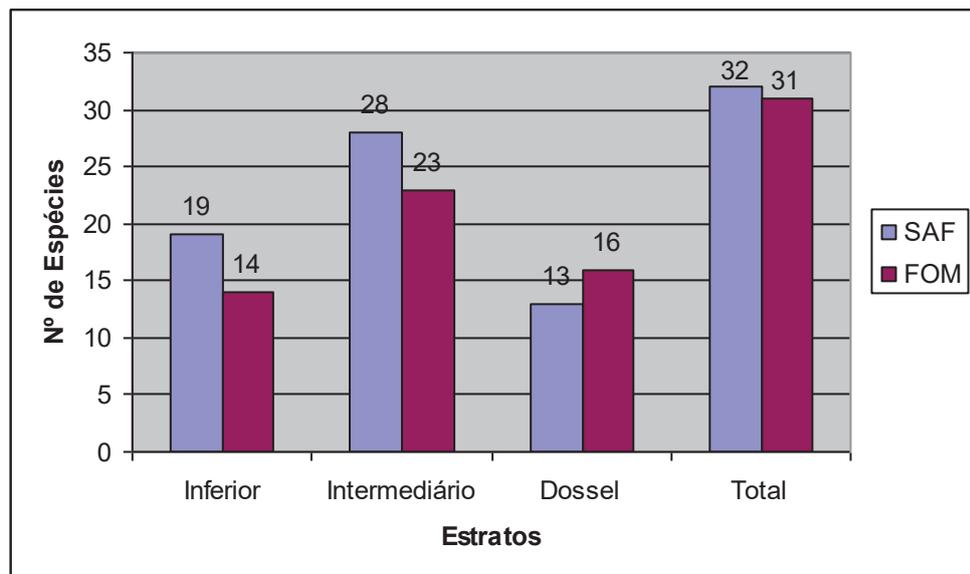
O índice de diversidade de Shannon-Weaver<sup>10</sup> (H') encontrado para o SAF (3,0) foi bastante próximo daquele encontrado para o Fragmento Florestal (2,9), indicando que o manejo realizado no SAF não reduziu a diversidade total de espécies. Durigan (1999) estudando parcelas de Floresta Ombrófila Mista com diferentes níveis de interferência antrópica e estágio sucessional, localizadas em São João do Triunfo na Estação Experimental da UFPR, região sudeste do Paraná,

<sup>10</sup> Este índice considera a proporção com que os indivíduos de cada espécie aparecem na área amostrada.

encontrou valores entre 2,8 e 3,3, sendo o maior valor encontrado na parcela com maior estágio de conservação.

Apesar do SAF e do Fragmento Florestal apresentarem riquezas de espécies muito próximas foi possível verificar diferenças entre as áreas quando analisados os seus estratos. Na FIGURA 5, é possível visualizar que a Floresta apresenta um maior número de espécies no dossel e o SAF nos estratos intermediário e inferior, indicando que a retirada da taquara e o novo raleamento no momento de implantação do SAF, apesar de provocar uma diminuição de riqueza do dossel, favoreceram a diversificação dos estratos inferiores, devido à abertura de espaço e aumento da entrada de luz. Embora não tenha sido efetuado o levantamento da regeneração natural<sup>11</sup>, é possível supor que a sua composição florística esteja sendo alterada pelas roçadas seletivas realizadas todos os anos no SAF, a medida que favorece espécies de interesse, o que pode estar contribuindo para a maior diversificação dos estratos inferiores observadas neste sistema. Um levantamento detalhado da florística da regeneração natural, assim como um acompanhamento ao longo do tempo seria recomendável para compreender melhor a extensão e as conseqüências da roçada seletiva para a dinâmica da sucessão no SAF.

FIGURA 5 – NÚMERO DE ESPÉCIES EM TRÊS ESTRATOS DE SISTEMA AGROFLORESTAL E EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)



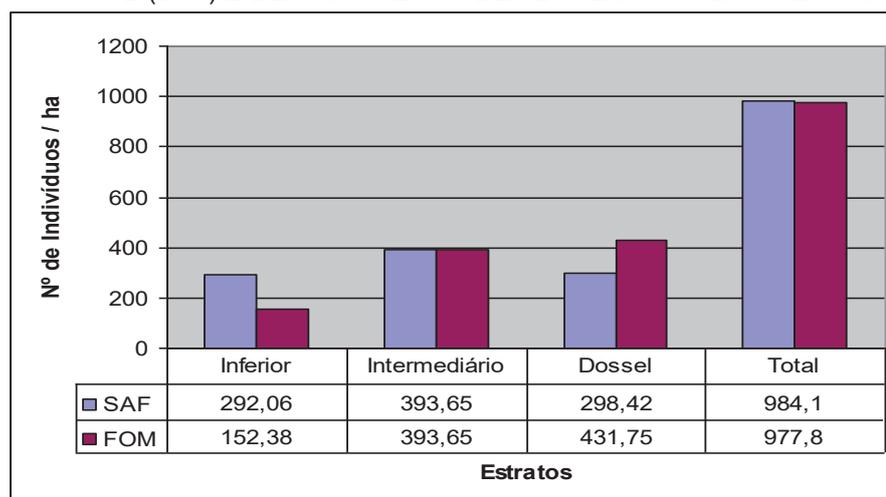
FONTE: O autor (2009).

<sup>11</sup> Foram considerados componentes da “regeneração natural” indivíduos com perímetro à altura do peito inferiores a 15 cm, incluindo plantas herbáceas e arbustivas, além das arbóreas.

Para comparar a florística das duas áreas estudadas calculou-se o Índice de Similaridade de Sorensen Quantitativo<sup>12</sup>, obtendo-se um valor de 0,36, indicando similaridade média entre as comunidades. Diferenças ou semelhanças florísticas, no entanto, devem ser analisadas com cautela, pois diversas espécies podem desempenhar o mesmo papel ecológico, assim como várias espécies podem apresentar grande plasticidade povoando ambientes diferentes ecologicamente (DURIGAN, 2000). As espécies que apresentaram os maiores valores de importância (VI) tanto no SAF quanto na Floresta, respectivamente a *Piptocarpha angustifolia* e a *Clethra scabra*, são ambas espécies típicas de vegetação secundária, desempenhando provavelmente as mesmas funções ecológicas nestes sistemas. O estudo dos efeitos do manejo, principalmente da roçada seletiva e da retirada da taquara, na dinâmica da regeneração natural, no entanto, poderia ser um indicador mais adequado das mudanças futuras a nível da comunidade quanto a florística e processos associados.

As densidades estimadas para os sistemas estudados foram próximas: 984 indivíduos por hectare no SAF e 978 no Fragmento Florestal (FIGURA 6). Os resultados observados neste estudo foram superiores aos encontrados por Durigan (1999) para FOM em São João do Triunfo, sudeste do Paraná.

FIGURA 6 – DENSIDADE TOTAL E DENSIDADE DE ESTRATOS DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)



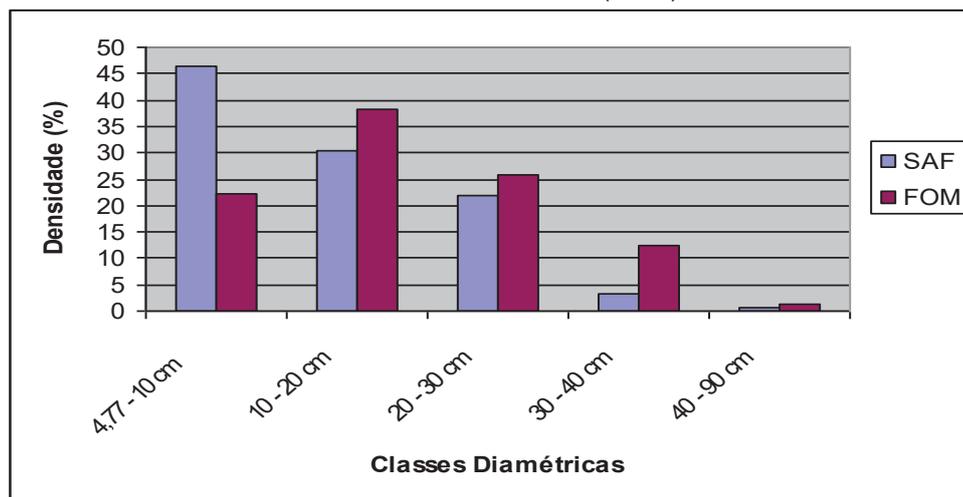
FONTE: O autor (2009).

<sup>12</sup> Este índice considera não apenas a presença ou ausência das espécies, mas também o número de indivíduos das espécies comuns as duas comunidades. Interpretação dos valores: < 0,25 indicam comunidades diferentes quanto as suas florísticas; entre 0,25 e 0,50 similaridade média; > 0,50 alta similaridade entre as comunidades.

Comparando-se a densidade apresentada pelos sistemas em cada um dos estratos verifica-se que o SAF é mais denso no estrato inferior e que a floresta é mais densa no dossel. No estrato intermediário os sistemas apresentaram a mesma densidade (FIGURA 6). Estes resultados demonstraram que a retirada da taquara e o novo raleamento para a implantação do SAF, apesar de diminuir a densidade do dossel favoreceram o adensamento dos estratos inferiores, o que, como mencionado anteriormente, pode estar indicando uma dinâmica sucessional diferenciada no SAF comparativamente ao Fragmento de FOM, cujo estudo seria recomendável. As densidades das espécies em cada um dos estratos podem ser observadas no ANEXO 3.

A área basal total encontrada para o SAF de 20,90 (TABELA 2) foi menor que a encontrada na Floresta de 36,68 (TABELA 3). Todavia, ambas as áreas apresentaram o mesmo padrão estrutural, tendo a maioria dos indivíduos amostrados com até 20 cm (FIGURA 7), indicando regeneração contínua das espécies. O manejo realizado no SAF apesar de ter reduzido área basal total parece não comprometer o desenvolvimento futuro da população, principalmente considerando as alterações observadas nos estratos inferiores.

FIGURA 7 – DISTRIBUIÇÃO EM CLASSES DIAMÉTRICAS DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

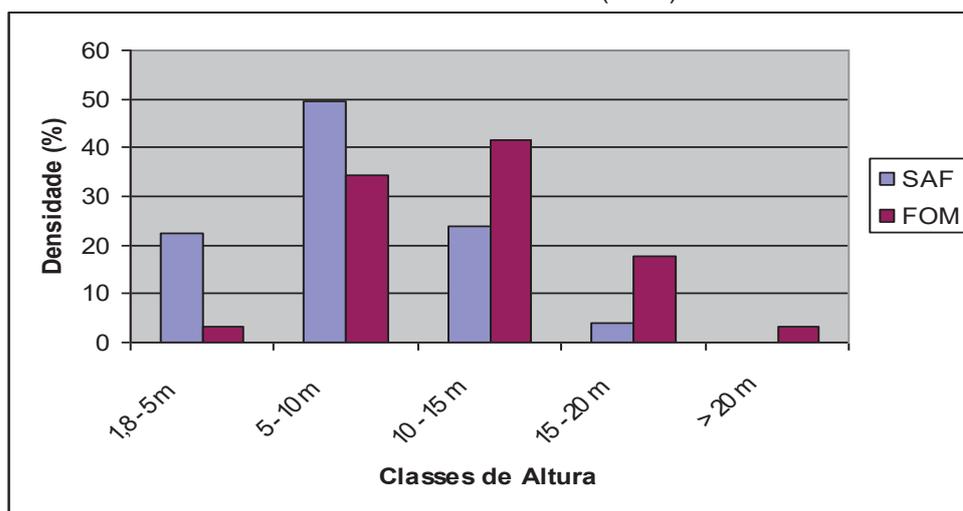


FONTE: O autor (2009).

Quando os indivíduos amostrados são distribuídos em classes de altura as diferenças entre os sistemas se mantêm, apresentando o mesmo comportamento observado para as classes diamétricas. A área de Floresta apresenta percentual

superior de indivíduos nas classes de altura acima de 10 m. Ao contrário do SAF que apresenta uma maior densidade de indivíduos nas classes de altura até 10 m. (FIGURA 8).

FIGURA 8 – DISTRIBUIÇÃO EM CLASSES DE ALTURA DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)



FONTE: O autor (2009).

As podas realizadas a cada dois anos nas erveiras nativas presentes no SAF alteraram a clássica relação entre altura e diâmetro, demonstrando que o manejo reduziu o porte das árvores, mas não suprimiu os seus incrementos em diâmetro. Sendo assim, 83 % dos indivíduos de erva-mate amostrados neste sistema apresentaram altura menor que 5 m, tendo estes em média 2,9 m de altura e 7 cm de diâmetro. Todavia, os indivíduos de outras espécies, no SAF, com até 5 m, apresentaram média de 4,5 m de altura e diâmetro médio de 6,6 cm. O raleamento e a redução das copas das erveiras pela poda podem alterar a entrada de luz e energia no sistema agroflorestal e com isso a resposta de crescimento e as relações diâmetro/altura das demais espécies arbóreas presentes no sistema.

Embora a classificação das fases sucessionais seja assunto controverso e carente de estudos mais detalhados e apesar das diferenças encontradas entre as áreas estudadas, ambas foram classificadas em Estágio Intermediário de Sucessão (CONAMA, 1994) ou Floresta em Estágio Médio de Regeneração ou Formação Florestal Sucessora (Sanquetta, 2006), podendo ser chamadas vulgarmente de Capoeirão ou Capoeira Alta. Aceitando-se a classificação proposta pode-se concluir que apesar do manejo realizado na área de SAF ter provocado alterações no

ambiente não comprometeu a sucessão ecológica comparativamente ao Fragmento Florestal Secundário.

## 5.2 REGENERAÇÃO NATURAL

Roçadas seletivas na regeneração natural vem sendo realizadas anualmente desde a implantação do SAF, objetivando controlar as espécies oportunistas e favorecer o desenvolvimento de espécies arbóreas de interesse. Esta ação vem alterando a composição florística da regeneração natural, assunto que deverá ser priorizado em pesquisas futuras para que se tenha um melhor entendimento da dinâmica do sistema.

Foram considerados componentes da “regeneração natural” indivíduos com perímetro à altura do peito inferiores a 15 cm, incluindo plantas herbáceas e arbustivas, além das arbóreas.

Tendo em vista que a roçada seletiva da regeneração natural adiciona anualmente biomassa verde à serapilheira acumulada sobre o solo, no presente estudo priorizou-se o levantamento da quantidade e a análise dos teores de macronutrientes desta biomassa, visando estimar sua contribuição à ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta.

Os teores médios de macronutrientes encontrados nas frações folhas e ramos da biomassa da regeneração (roçada) podem ser observados na TABELA 4. Maiores detalhes da análise de variância podem ser observados no ANEXO 2.

TABELA 4 – TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DA REGENERAÇÃO NATURAL DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE

Fração <sup>1</sup>	N	P	K <sup>2</sup>	Ca	Mg
	.....gkg <sup>-1</sup> .....				
Folhas	17,93 a	1,37 a	13,91 ns	9,11 a	2,03 a
Ramos	7,75 b	0,83 b	11,58 ns	5,00 b	1,29 b

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

NOTA<sup>2</sup>: A análise de variância não indicou diferenças significativas ao nível de 5%.

A fração folhas apresentou as maiores médias para todos os macronutrientes, diferindo significativamente da fração ramos para N, P, Ca e Mg. Para o K não foram observadas diferenças entre as frações.

A matéria seca total e das frações da biomassa da regeneração do SAF encontram-se na TABELA 5. A maior parte da massa seca foi composta pelas folhas, embora não tenham sido observadas diferenças estatisticamente significativas entre as médias das frações folhas e ramos.

TABELA 5 – MÉDIAS DE MATERIA SECA E MACRONUTEIANTES ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) EM FRAÇÕES E NO TOTAL DA REGENERAÇÃO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE

Fração <sup>1</sup>	MS	N	P	K <sup>2</sup>	Ca	Mg <sup>2</sup>
	Kgha <sup>-1</sup>					
Folhas	1.043,02 ns	18,77 a	1,43 a	14,62 ns	9,30 a	2,11 ns
Ramos	971,71 ns	7,57 b	0,82 b	11,52 ns	4,93 b	1,32 ns
Total	2.014,73	26,34	2,25	26,14	14,22	3,43

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

NOTA<sup>2</sup>: A análise de variância não indicou diferenças significativas ao nível de 5%.

Houve diferenças significativas entre as frações para as quantidades de N, P e Ca, (TABELA 5) sendo encontradas as maiores médias na fração folhas. As quantidades de K e Mg não diferiram entre as frações. A biomassa das folhas, em geral, contem mais nutrientes que ramos ou galhos, o que, associado a maior quantidade presente no material roçado, resultou em maiores quantidades de nutrientes aportados ao solo. As diferenças são expressivas, da ordem de duas vezes para o N, P e Ca, e até para o Mg, indicando a importância desta fração para a reciclagem de nutrientes dentro do sistema agroflorestal. Esta informação também é muito importante para o agricultor, que pode decidir o melhor momento de fazer a roçada, em função da maior ou menor proporção de folhas em relação ao material mais estrutural (ramos e galhos) presentes no sistema. Estudos mais detalhados da composição mineral das espécies que compõe a “regeneração natural” também são importantes e devem ser priorizadas em pesquisas futuras, pois vão permitir ao agricultor, através da roçada seletiva, manejar o nutriente mais importante para o sistema em determinado momento. Pode-se, através do manejo, favorecer o desenvolvimento de espécies mais ricas em determinado nutriente como por exemplo, espécies da família das leguminosas, ricas em nitrogênio, bastante importante para a erva-mate (Reissmann *et al.*, 1985; Campos, 1991; Quadros; Reissmann; Radomski, 1992; Reissmann e Prevedello, 1992).

### 5.3 SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO

Na TABELA 6, encontram-se as quantidades de matéria seca da serapilheira acumulada sobre o solo dos dois sistemas e nas frações folhas, miscelânea e ramos. A maior média total foi observada no Fragmento de FOM, diferindo significativamente da área de SAF. Caldeira (2003) verificou média de 7.990 kg $ha^{-1}$  em Floresta Ombrófila Mista localizada no Município de General Carneiro, sudeste do Paraná, valor semelhante aos observados neste trabalho.

TABELA 6 – MÉDIAS DE MATÉRIA SECA TOTAIS E DE FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Sistema	Folhas	Miscelânea	Ramos	Total
	.....kg $ha^{-1}$ .....			
SAF	2.107,1 Aa	3.052,9 Aa	1.930,4 Bb	7.090,4 b
FOM	1.216,13 Ca	3.021,90 Ba	4.391,14 Aa	8.629,17 a

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A fração miscelânea do SAF representou 43,06 % do total, seguida da fração folhas (29,72 %) e ramos (27,23 %), embora a única diferença estatisticamente significativa tenha sido dos ramos em relação às outras frações (TABELA 6).

Já no Fragmento Florestal as diferenças entre as frações quanto às quantidades de serapilheira acumulada sobre o solo foram estatisticamente significativas (TABELA 6), sendo que a fração ramos representou 51 % do total, a miscelânea representou 35 % e as folhas apenas 14 %.

Embora sem diferenças estatísticas significativas, observou-se um maior acúmulo de folhas no SAF, comparativamente ao Fragmento Florestal (TABELA 6), o que deve estar relacionado à roçada da regeneração natural realizada anualmente naquele sistema. Para o ano de 2008 estimou-se que a roçada adicionou 1.043 kg $ha^{-1}$  de folhas (TABELA 5) à serapilheira no SAF. A maior densidade e diversificação dos estratos inferiores provocados pelo raleamento do dossel para o plantio das erveiras (FIGURA 5 e 6), também podem estar provocando uma maior deposição de folhas no SAF.

Foram observadas diferenças significativas entre os sistemas apenas quanto às quantidades de ramos. As maiores médias foram observadas no Fragmento

Florestal em função do aporte de grande quantidade de biomassa, sobretudo de colmos da taquara (*Merostachys multiramea*) em final de ciclo. Os colmos, contabilizados na fração ramos contribuíram para a elevação da média total de serapilheira acumulada no Fragmento Florestal, justificando as diferenças significativas entre os sistemas.

Na TABELA 7 são apresentadas as médias dos dois sistemas quanto aos teores de N, P, Ca e Mg presentes na serapilheira acumulada, pois a análise de variância (ANEXO 2) não indicou diferenças significativas entre ambos.

TABELA 7 – TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO (MÉDIAS DOS SISTEMAS AVALIADOS)

Frações de Serapilheira <sup>1</sup>	N	P	Ca <sup>2</sup>	Mg
	.....gkg <sup>-1</sup> .....			
Folhas	17,62 a	1,24 a	7,48 ns	2,16 a
Miscelânea	17,46 a	1,31 a	7,42 ns	1,72 ab
Ramos	10,20 b	0,78 b	6,09 ns	1,28 b

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: A Análise de Variância não indicou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Para o Ca (TABELA 7) não foram observadas diferenças significativas nem mesmo entre as frações. Britez et al (1992) estudando serapilheira depositada anualmente em Floresta Ombrófila Mista em São Mateus do Sul, sudeste do Paraná, encontrou maior concentração deste nutriente na fração ramos relativamente as demais frações avaliadas. O Ca compõe as paredes celulares das plantas, não sendo redistribuído dos órgãos mais velhos para os mais jovens e ativos fisiologicamente, razão pela qual pode acumular-se nos galhos e madeira (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997). Os resultados obtidos no presente estudo podem estar relacionados à grande presença de indivíduos jovens compondo a florística das áreas, depositando ramos ainda em estágio inicial de desenvolvimento. Ou ainda pode ser devido ao fato de parte das frações folhas e miscelânea terem sido encontradas em estágio avançado de decomposição aonde o Ca tende a concentrar-se mais do que outros nutrientes. Duarte (2009), estudando árvores sob sistemas agroflorestais na Mata Atlântica, verificou que os materiais aportados pelas espécies possuem dinâmicas de decomposição e liberação de nutrientes diferentes, mas de modo geral o K foi disponibilizado mais rapidamente do resíduo para o solo e o Mg e o Ca de forma mais lenta.

A fração ramos apresentou os menores teores médios para N, P, Ca e Mg (TABELA 7), diferindo significativamente das demais frações quanto aos teores de N e P e apenas da fração folhas quanto aos teores de Mg.

As folhas apresentaram os maiores teores de N, Ca e Mg (TABELA 7), demonstrando a importância desta fração para a qualidade nutricional da serapilheira acumulada. A miscelânea apresentou teores próximos aos das folhas para estes nutrientes e o maior teor de P (TABELA 7), o que era esperado, pois esta fração foi composta por flores, frutos, excrementos ou mesmo partes de insetos e outros animais, raízes finas e material em estágio avançado de fragmentação.

Foram observadas diferenças significativas quanto aos teores médios de K entre os sistemas e entre as frações (TABELA 8).

No Fragmento de FOM (TABELA 8), as três frações apresentaram diferenças significativas entre si, tendo a fração folhas a maior média de K, seguida pela miscelânea e por último os ramos. No SAF (TABELA 8), a fração folhas também apresentou a maior média de K, diferindo estatisticamente das demais. Neste sistema as frações miscelânea e ramos não apresentaram diferenças significativas entre si, sendo a média dos ramos, no entanto um pouco maior.

TABELA 8 – TEORES MÉDIOS DE POTÁSSIO EM FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Frações de Serapilheira <sup>1</sup>	Sistema <sup>2</sup>	
	SAF	FOM
	Potássio (gkg <sup>-1</sup> )	
Folhas	1,87 Aa	1,39 Ba
Miscelânea	1,10 Ab	0,95 Ab
Ramos	1,11Ab	0,69 Bc

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando-se os sistemas, observaram-se diferenças significativas quanto aos teores de K das folhas e ramos (TABELA 8) que foram maiores no SAF, o que pode estar relacionado à contribuição da roçada da regeneração natural (TABELA 4). Para o ano de 2008 estimou-se que as folhas e ramos aportados, através da roçada da regeneração, adicionaram respectivamente 14,62 e 11,52 kg ha<sup>-1</sup> de K à serapilheira no SAF (TABELA 5). Diferenças nutricionais entre as espécies que

compõem as florísticas dos sistemas podem também ter contribuído para que os maiores teores de K fossem observados na serapilheira do SAF. Caldeira (2003) analisando a Floresta Ombrófila Mista, no sudeste do Paraná, verificou grandes variações de teores e no índice de eficiência de macronutrientes entre 39 espécies estudadas.

Na TABELA 9, são apresentadas as quantidades totais de macronutrientes na serapilheira. No SAF, as quantidades totais seguiram a ordem  $N > Ca > Mg > K > P$ . No Fragmento de FOM o P assumiu a posição do K.

TABELA 9 – QUANTIDADES DE NITROGÊNIO (N), FÓSFORO (P), POTÁSSIO (K), CÁLCIO (Ca) E MAGNÉSIO (Mg), EM  $kg\ ha^{-1}$  EM FRAÇÕES E NO TOTAL DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Frações de Serapilheira <sup>1</sup>	Sistema <sup>2</sup>			
	SAF		FOM	
	N		P	
..... $kg\ ha^{-1}$ .....				
Folhas	35,40 Aa	22,39 Ab	2,34 Aa	1,69 Ab
Miscelânea	54,51 Aa	51,86 Aa	3,62 Aa	4,29 Aa
Ramos	19,08 Bb	46,1 Aa	1,48 Bb	3,4 Aa
Total	109 ns <sup>3</sup>	120,35 ns	7,45 B	9,37 A

Frações de Serapilheira <sup>1</sup>	Sistema <sup>2</sup>					
	SAF		FOM		SAF	
	K		Ca		Mg	
..... $kg\ ha^{-1}$ .....						
Folhas	3,98 Aa	1,64 Bb	16,61 Aab	8,77 Ac	4,59 Ab	2,61 Bc
Miscelânea	3,38 Aab	2,79 Aab	24,03 Aa	21,22 Aab	4,82 Aa	5,59 Aa
Ramos	2,21 Ab	3,07 Aa	13,08 Bb	23,24 Aa	2,12 Bc	6,43 Aab
Total	9,57 A	7,50 B	53,72 ns	53,23 ns	11,52 B	14,64 A

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>3</sup>: A análise de variância não indicou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

No SAF (TABELA 9), a fração miscelânea apresentou as maiores quantidades de N, P, Ca e Mg, diferindo estatisticamente das demais frações (quanto aos teores de Mg) e da fração ramos (quanto aos teores de N, P e Ca). A fração folhas apresentou a maior quantidade de K e as segundas maiores quantidades de N, P, Ca e Mg, diferindo estatisticamente da fração miscelânea (quanto as quantidades de Mg) e da fração ramos (quanto as quantidades de todos os macronutrientes, exceto para o Ca). A fração ramos apresentou as menores quantidades para todos os

macronutrientes, diferindo estatisticamente das demais frações, exceto para o Ca que diferiu significativamente apenas da fração miscelânea.

No Fragmento Florestal (TABELA 9), a fração ramos contribuiu com as maiores quantidades de K, Ca e Mg na serapilheira. A fração miscelânea apresentou as segundas maiores quantidades para estes nutrientes, assumindo a posição dos ramos quanto as quantidades de N e P. A fração folhas apresentou as menores quantidades de todos os macronutrientes, diferindo significativamente das demais frações (em relação ao N, P, Ca e Mg) e dos ramos (em relação ao K).

Tanto no SAF quanto na Floresta as quantidades de nutrientes foram mais fortemente influenciadas pela quantidade de matéria seca do que pelos teores. Sendo assim, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os sistemas na fração ramos quanto as quantidades de N, P, Ca e Mg (TABELA 9), sendo as maiores médias encontradas no Fragmento de FOM, devido as maiores quantidades de colmos depositados sob o solo deste sistema (TABELA 6) em virtude do final do ciclo natural da taquara.

Os sistemas apresentaram diferenças significativas também quanto às quantidades de K na fração folhas (TABELA 9), sendo a maior média observada no SAF, pois este sistema apresentou o maior acúmulo de folhas comparativamente ao Fragmento Florestal (TABELA 8), bem como o maior teor de K nesta fração (TABELA 7), relacionado principalmente às contribuições da roçada da regeneração natural (TABELA 5), a maior diversidade e densidade de espécies nos estratos inferiores do SAF (FIGURAS 4.1 e 4.2).

As diferenças observadas entre os sistemas quanto às quantidades de nutrientes nas frações obviamente determinaram as diferenças entre estes quanto às quantidades totais de serapilheira. Sendo assim, as maiores quantidades totais de N, P e Mg foram encontradas no Fragmento Florestal, diferindo estatisticamente do SAF para as quantidades de P e Mg. As quantidades totais de Ca e K foram superiores no SAF, diferindo estatisticamente do Fragmento de FOM para o K. Estudos mais detalhados da decomposição da serapilheira poderão levar a uma melhor compreensão da dinâmica do processo de entrada de nutrientes através deste fluxo.

## 5.4 COLHEITA DA ERVA-MATE

### 5.4.1 Produtividade do erval

A massa verde colhida no inverno de 2008 no SAF totalizou 2.977,79 kg $ha^{-1}$  sendo composta de folhas, ramos finos e ramos grossos (TABELA 10), representando a produção de uma população estimada de 1.100 plantas de 8 anos (introduzidas) e mais 114 árvores nativas adultas com DAP médio de 7 cm e altura média de 2,9 m por hectare. Essas erveiras convivem com 869,84 árvores de outras espécies com DAP superiores a 4,77 cm no mesmo hectare.

TABELA 10 – MASSA VERDE (kg $ha^{-1}$ ) DO TOTAL E DE FRAÇÕES DA COLHEITA DE ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL

Folhas	Ramos finos (até 2,5 cm)	Ramos grossos (> 2,5 até 10 cm)	Total
.....kg $ha^{-1}$ .....			
1.200,36	704,41	1.073,02	2.977,79

FONTE: O autor (2009).

Somando-se as folhas (1.200,36 kg $ha^{-1}$ ) e os ramos finos (704,41 kg $ha^{-1}$ ) tem-se um total de 1.654,46 kg $ha^{-1}$  de massa verde comercializável (TABELA 10). Considerando o preço médio praticado na região de União da Vitória de R\$ 0,43 o kg (SEAB, 2009) seria possível auferir uma renda bruta de R\$ 711,42 por hectare a cada dois anos.

Tendo em vista que a produtividade do erval tende a se elevar com a idade, certamente, a colheita da erva-mate ganhará cada vez mais importância na composição da renda da família. O SAF oferece, ainda, outras possibilidades de renda como a retirada de lenha, madeira e o desenvolvimento da apicultura.

Santin (2008) verificou em erval de 7 anos adensado em remanescente de Floresta Ombrófila Mista em São Mateus do Sul – PR uma produção de 4.514 kg $ha^{-1}$  de massa verde comercializável. Contudo, a maior produção observada por este autor deveu-se às maiores densidades de erva-mate nativa (1.284 plantas/ha) e de introduzidas (1.874 plantas/ha), além da baixa densidade de outras espécies (240 árvores/hectare), o que reduziu a competição por recursos naturais, sobretudo por luz.

Vierira *et al.* (2003) e Rakocevic *et al.* (2006) comparando ervais plantados a pleno sol e sombreados por remanescente de Floresta Ombrófila Mista, comprovaram a influência dos níveis de luminosidade sobre variáveis de

produtividade da erva-mate, indicando que as maiores produções são obtidas em ambientes com maiores níveis de luminosidade.

Um maior raleamento do dossel do SAF seguido de maior adensamento com erva-mate poderia elevar mais rapidamente a produtividade do erval em detrimento da diversidade e estrutura do ambiente. Outro aspecto diz respeito aos efeitos do aumento da luminosidade na qualidade da erva produzida, questão ainda não resolvida pela pesquisa (Rachwal *et al.*, 2000).

O Sistema Agroflorestal objeto deste estudo, demonstrou ser uma alternativa de diversificação econômica da unidade produtiva familiar, conservando características estruturais similares ao do Fragmento Florestal (ver item 5.1) com todos os benefícios ambientais indiretos.

#### 5.4.2 Matéria seca, teor e quantidades de macronutrientes da erva-mate

As médias de matéria seca total e de frações da colheita da erva-mate estão apresentadas na (TABELA 11).

TABELA 11 – MÉDIAS DE MATÉRIA SECA TOTAL E DE FRAÇÕES DA COLHEITA DE ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL

Folhas	Ramos finos (até 2,5 cm)	Ramos grossos (> 2,5 até 10 cm)	Total
.....kg $ha^{-1}$ .....			
454,1 a	269,66 b	450,58 a	1.174,34

FONTE: O autor (2009).

NOTA: Médias seguidas de letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

A maior média foi observada na fração folhas (38,7 % do total), equiparando-se estatisticamente a fração ramos grossos (38,4 %). A fração ramos finos apresentou a menor média (23,0 %), diferindo significativamente das demais frações.

Os teores médios de macronutrientes encontrados da biomassa da erva-mate encontram-se na TABELA 12. As folhas apresentaram os maiores teores médios de todos os nutrientes, diferindo significativamente das demais frações quanto aos teores de N, P, K e Mg, sendo os teores de Ca iguais estatisticamente aos da fração ramos finos. Os ramos grossos apresentaram as menores médias de todos os nutrientes, diferindo significativamente das demais frações, exceto para o N, cujos teores foram estatisticamente iguais aos encontrados nos ramos finos.

TABELA 12 – TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DA COLHEITA DA ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL

Frações	N	P	K	Ca	Mg
	gkg <sup>-1</sup>				
Folhas	19,02 a	1,22 a	12,85 a	5,45 a	4,39 a
Ramos finos (até 2,5 cm)	6,93 b	0,59 b	9,46 b	4,64 a	2,09 b
Ramos grossos (> 2,5 até 10 cm)	4,31 b	0,40 c	6,51 c	1,82 b	0,87 c

FONTE: O autor (2009).

NOTA: Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Wisniewski et al. (1996) analisando os teores de macronutrientes no produto da primeira poda de formação de erva-mate aos 22 meses, também verificaram as maiores médias nas folhas, exceto para o K que apresentou maior média nos galhos. Reissman et al. (1983) também observaram diferenças entre folhas e hastes quanto aos teores de nutrientes, sendo as médias superiores encontradas nas folhas, exceto para o Ca.

Diversos fatores podem influenciar os teores médios de macronutrientes presentes na biomassa da erva-mate, entre os quais se destacam a qualidade do sítio (Fossati, 1997); a época de colheita (Reissmann *et al.*, 1985; Campos, 1991), o nível de sombreamento (Quadros; Reissmann; Radomski, 1992), a calagem (Reissmann e Prevedello, 1992) e a adubação (Zampier, 2001; Santin, 2008), sendo difícil a comparação entre estudos realizados sob condições diferentes. Entretanto, foi possível concluir que os resultados deste trabalho não são discrepantes daqueles apresentados por Reissmann et al. (1983, 1985); Campos (1991); Radomski et al. (1992); Wisniewski et al. (1996); Fossati (1997); Santin (2008).

A quantidade de macronutrientes presentes na biomassa (TABELA 13) foi influenciada mais fortemente pelas médias de matéria seca (TABELA 11) do que pelos teores (TABELA 12) por isso observou-se nas folhas as maiores quantidades de nutrientes, diferindo significativamente das demais frações. Os ramos finos e ramos grossos apresentaram quantidades de N, P, K e Mg muito próximas, equiparando-se estatisticamente. As quantidades de Ca diferiram significativamente entre as frações, sendo as maiores médias observadas na fração folhas, seguida pelos ramos finos e por último os ramos grossos.

A seqüência das quantidades de nutrientes em ordem decrescente, para todas as frações foi: N > K > Ca > Mg > P, a mesma encontrada por Wisniewski et al. (1996).

As folhas e ramos finos são comercializadas exportando quantidades consideráveis de nutrientes. Reissmann et al. (1985), observaram que as exportações pela colheita da erva-mate foram superiores a outras espécies florestais, aproximando-se das taxas de exportação de cultivos agrícolas.

TABELA 13 – QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES (kg $ha^{-1}$ ) EM FRAÇÕES E NO TOTAL DA COLHEITA DE ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL

Fração	N	P	K	Ca	Mg
	k $ha^{-1}$				
Folhas	8,50 a	0,55 a	5,75 a	2,49 a	2,08 a
Ramos finos (até 2,5 cm)	1,81 b	0,16 b	2,53 b	1,24 b	0,61 b
Ramos grossos (> 2,5 até 10 cm)	1,96 b	0,18 b	2,91 b	0,81 c	0,40 b
Total	12,27	0,89	11,19	4,54	3,08

FONTE: O autor (2009).

NOTA: Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Os ramos grossos são resíduos da colheita que geralmente ficam amontoados no erval, fazendo com que o retorno dos nutrientes ao sistema seja lento e concentrado.

A indústria ervateira utiliza as folhas e parte dos ramos, produzindo um resíduo denominado “palito”. Lourenço e Medrado (1998) comparando a influência na produtividade de erva-mate de dois tipos de cobertura provenientes de resíduos industriais típicos da região de São Mateus do Sul (serragem e “palitos de erva-mate”) e dois tipos produzidos como cultura intercalar (gramínea e leguminosa), na presença e ausência de adubação, não encontraram diferenças estatísticas entre os tratamentos. O resultado apresentado por estes autores alerta para o potencial deste resíduo como fonte alternativa para a reposição dos nutrientes exportados através da colheita da erva-mate. Neste sentido estudos futuros que se destinem ao conhecimento da dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes dos palitos (resíduos industriais) e dos ramos grossos (resíduos de colheita) e poderiam subsidiar a proposição de manejos mais adequados, visando à reposição e o melhor aproveitamento dos nutrientes destes resíduos pelo erval.

## 5.5 FÍSICA DOS SOLOS

Os solos do Fragmento Florestal e do SAF não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as profundidades quanto à granulometria

(ANEXO 2), sendo apresentadas na TABELA 14 as médias das três profundidades para estes sistemas.

Os solos das duas áreas estudadas foram classificados, de acordo com EMBRAPA (2006) como muito argilosos. Todavia, o solo sob SAF apresentou teores significativamente superiores de argila e o solo sob o Fragmento Florestal, significativamente maiores teores de areia (TABELA 14). Não houve diferenças quanto aos teores de silte.

TABELA 14 – TEORES MÉDIOS DE AREIA, SILTE E ARGILA EM SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE - SAF E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA – FOM (MÉDIAS DAS PROFUNDIDADES 0 A 5, 5 A 10 E 10 A 20 cm)

Sistema	Areia <sup>1</sup>	Silte <sup>2</sup>	Argila <sup>1</sup>
	.....gkg <sup>-1</sup> .....		
SAF	50,4 b	255,8 ns	693,8 a
Floresta	86,2 a	292,4 ns	621,4 b

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5% pela análise de variância.

NOTA<sup>2</sup>: Não houve diferenças significativas entre as médias pela análise de variância ao nível de 5% de probabilidade.

Tanto as parcelas alocadas no SAF quanto no Fragmento Florestal estão sob Cambissolos Háplicos e relevo ondulado. Contudo, a campo, foi possível observar diferenças morfológicas, sendo os solos sob Fragmento de FOM um pouco menos desenvolvidos, apresentando menor profundidade e quantidades maiores de material de origem<sup>13</sup> em estágio avançado de intemperização, fato que poderia explicar a média superior da fração areia neste sistema.

A matéria orgânica influencia características químicas, físicas e biológicas do solo, sendo componente chave para a sua qualidade e conseqüentemente para a sustentabilidade dos sistemas no médio e longo prazo (Silva e Mendonça, 2007). Os valores de MOS observados tanto no SAF quanto no Fragmento Florestal (ANEXO 4, TABELA 15) foram considerados altos (Serrat; Krieger; Motta, 2006), não apresentando diferenças estatisticamente significativas (ANEXO 2) o que está relacionado à manutenção da serapilheira acumulada sobre o solo (TABELA 6) e provavelmente a morte das raízes da taquara no Fragmento Florestal e da regeneração natural no SAF.

<sup>13</sup> Os solos estudados estão sob o substrato geológico formado pelo Derrame de Trapp da Formação Serra Geral, predominando as rochas riolitos e riolacitos que foram diferenciadas do magma original, sendo enriquecidas por sílica (Minerais do Paraná S/A, 2001).

As médias de MOS dos dois sistemas para as três profundidades foram estatisticamente diferentes entre si (TABELA 15), sendo a maior média encontrada na camada superficial, seguida da média da profundidade 5 a 10 cm e por último a camada de 10 a 20 cm, indicando a tendência de redução dos teores com o aumento da profundidade, confirmando a importância da decomposição da serapilheira para a incorporação da matéria orgânica ao solo.

TABELA 15 – MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MOS), DENSIDADE DE PARTÍCULA E DENSIDADE DO SOLO E POROSIDADE TOTAL, EM TRÊS PROFUNDIDADES DO SOLO (MÉDIAS DOS SISTEMAS AVALIADOS)

Profundidade	MOS <sup>1</sup>	Densidade de Partícula	Densidade do Solo	Porosidade Total
	.....gdm <sup>-3</sup> .....	.....kgdm <sup>-3</sup> .....		....m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ....
0 a 5 cm	24,29 a	2,50 b	0,66 b	0,74 a
5 a 10 cm	20,66 b	2,57 ab	0,83 a	0,67 b
10 a 20 cm	16,94 c	2,62 a	0,90 a	0,65 b

FONTE: O autor (2009).

NOTA: Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

NOTA<sup>1</sup>: Carbono Orgânico Total multiplicado por 0,58.

A densidade de partículas (DP) depende da composição do material de origem do solo, entretanto a presença de matéria orgânica diminui consideravelmente o seu valor (Kiehl, 1979). Sendo assim, os valores de DP encontrados no SAF e no Fragmento Florestal (ANEXO 4), foram baixos, não diferindo significativamente entre si (ANEXO 2). As médias dos sistemas apresentaram valores crescentes com o aumento da profundidade, sendo a camada de 10 a 20 cm diferente significativamente da camada do solo mais superficial (TABELA 15).

A densidade do solo (DS) depende da natureza, das dimensões e da forma como se acham dispostas as suas partículas (Kiehl, 1979), podendo ser alterada em função do uso do mesmo (Silva, Silva e Ferreira, 2005; Portugal et al., 2008). Os valores de DS apresentados pelos sistemas foram bastante baixos (ANEXO 4) e estatisticamente similares entre si (ANEXO 2), indicando que o manejo realizado no SAF não provocou impacto sobre este atributo do solo. As médias de DS dos sistemas, assim como as médias de densidade de partículas se elevaram com o aumento da profundidade (TABELA 15), sendo a menor média verificada na camada de 0 a 5 cm, sendo esta diferente significativamente das demais camadas, demonstrando a influência da presença da MOS na redução da densidade.

Os solos sob SAF e sob Fragmento Florestal não apresentaram diferenças significativas quanto ao volume total de poros (ANEXO 2). Para os dois sistemas o maior volume total de poros (TABELA 15) foi observado na camada de 0 a 5 cm, diminuindo com o aumento da profundidade, o que está relacionado ao aumento de argila (ANEXO 4) e diminuição da matéria orgânica do solo (TABELA 15).

Com relação à microporosidade e a macroporosidade dos solos a análise de variância (ANEXO 2) indicou haver diferenças significativas entre os sistemas, entre as profundidades e interação entre os fatores analisados.

No SAF, o volume de microporos (TABELA 16) se elevou com o aumento da profundidade, sendo a maior média encontrada na camada de 10 a 20 cm, diferindo significativamente das camadas mais superficiais. No Fragmento Florestal, a camada de 10 a 20 cm também apresentou maior volume de microporos (TABELA 16), todavia diferenciou-se significativamente apenas da camada de 5 a 10 cm, sendo estatisticamente igual à camada de 0 a 5 cm.

A microporosidade média dos dois sistemas diferenciaram-se estatisticamente nas camadas 0 a 5 e 5 a 10 cm, sendo os maiores valores encontrados no Fragmento Florestal (TABELA 16).

TABELA 16 – MACRO E MICROPOROSIDADE EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLOS SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Profundidade	Sistema			
	SAF	Floresta	SAF	Floresta
	Macroporosidade		Microporosidade	
.....m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> .....				
0 a 5 cm	0,41 Aa	0,34 Ba	0,33 Bb	0,39 Aab
5 a 10 cm	0,32 Ab	0,3 Aab	0,35 Bb	0,38 Ab
10 a 20 cm	0,24 Ac	0,24 Ab	0,41 Aa	0,42 Aa

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao contrário dos microporos, os maiores volumes de macroporos foram encontrados na camada superficial, observando-se um decréscimo dos valores com o aumento da profundidade tanto no SAF quanto no Fragmento Florestal. No SAF as três profundidades se diferenciam estatisticamente entre si. E na Floresta a camada de 0 a 5 cm é estatisticamente igual a camada de 5 a 10 cm, diferindo significativamente apenas da camada de 10 a 20 cm.

A comparação de médias indicou ainda que os sistemas diferenciam-se significativamente quanto a macroporosidade em suas camadas de 0 a 5 cm, sendo as maiores médias encontradas no SAF (TABELA 16).

O volume total e a relação entre macro e microporos do solo depende da sua estrutura, que por sua vez é determinada pela textura, pela quantidade e qualidade da matéria orgânica, pela biologia do solo (Kiehl, 1979) e pelo manejo empregado (Silva, Silva, Ferreira, 2005; Portugal *et al.*, 2008). Estudos a respeito da qualidade da matéria orgânica, da estrutura dos solos e análises biológicas poderiam ajudar a explicar as diferenças entre os sistemas quanto à micro e macroporosidade observadas neste estudo.

Tendo em vista os altos teores de argila e matéria orgânica, baixas densidades e altos volumes de poros observados, é possível inferir que tanto o solo sob Fragmento Florestal quanto o solo sob SAF não apresentaram qualquer tipo de restrição física ao desenvolvimento das raízes, apresentando boa drenagem, capacidade de retenção de água e boas condições de aeração, indicando que o manejo realizado no SAF não prejudicou estes atributos físicos do solo.

## 5.6 QUIMICA DOS SOLOS

Os solos do SAF e do Fragmento Florestal apresentaram valores médios (TABELA 17) de acidez considerados muito baixos e médias de Al trocável consideradas altas (Serrat; Krieger; Motta, 2006), não sendo observadas diferenças estatísticas nem entre os sistemas nem entre as profundidades. Esta relação negativa entre acidez do solo e valores de alumínio trocável é clássica e esperada (Kiehl, 1979).

A Capacidade de Troca de Cátions a pH 7 (TABELA 17), também não diferiu entre os sistemas, nem entre as profundidades, apresentando médias altas (Serrat; Krieger; Motta, 2006), sendo consequência dos altos teores de argila (TABELA 14) e de matéria orgânica (TABELA 15) presentes nos solos (Noavia *et al.*, 2007).

As médias de saturação por alumínio (TABELA 18) observadas foram muito altas (Serrat; Krieger; Motta, 2006), não sendo encontradas diferenças significativas entre os sistemas, apenas entre as profundidades. A camada de 0 a 5 cm apresenta a menor média observada, diferindo significativamente das médias das camadas sub-superficiais, demonstrando a tendência deste atributo em se elevar com o

aumento da profundidade, o que está relacionado a diminuição da matéria orgânica do solo (TABELA 15).

TABELA 17 – MÉDIAS DE pH, TEORES DE ALUMÍNIO ( $Al^{3+}$ ), ACIDEZ POTENCIAL (H + AL), E CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA A pH 7 ( $CTC_{a\ pH\ 7}$ ) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO SOB SISTEMA GROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Identificação	pH		$Al^{3+}$	H + Al	$CTC_{a\ pH\ 7}$	
	CaCl <sub>2</sub>	SMP				
SAF	0 a 5 cm	3,89	4,57	2,94	14,47	18,67
	5 a 10 cm	3,87	4,54	3,5	14,76	17,20
	10 a 20 cm	3,93	4,66	3,2	14,86	16,67
FOM	0 a 5 cm	3,83	4,50	3,31	15,73	18,54
	5 a 10 cm	3,86	4,54	3,54	14,74	16,69
	10 a 20 cm	3,93	4,57	3,41	14,74	16,30

FONTE: O autor (2009).

Os teores de cálcio e nitrogênio não diferiram significativamente entre os sistemas, somente entre as profundidades analisadas (ANEXO 2), com as maiores médias na profundidade de 0 a 5 cm, diferentes significativamente daquelas encontradas nas camadas inferiores (TABELA 18). Isso indica a tendência de diminuição dos teores de Ca e N com o aumento da profundidade, relacionado ao aporte destes nutrientes através da decomposição da serapilheira.

TABELA 18 – TEORES MÉDIOS DE CÁLCIO ( $Ca^{+2}$ ), NITROGÊNIO (N) E SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO (m%) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO (MÉDIA DOS DOIS SISTEMAS AVALIADOS)

Profundidades	$Ca^{+2}$	N	m
	cmolcdm <sup>-3</sup>	gkg <sup>-1</sup>	%
0 a 5 cm	1,76 a	4,42 a	47,86 b
5 a 10 cm	1,08 b	2,90 b	61,57 a
10 a 20 cm	0,88 b	2,51 b	66,14 a

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de tukey.

Os teores de  $Ca^{+2}$  foram considerados baixos nas profundidades 0 a 5 e 5 a 10 cm e muito baixos na profundidade 10 a 20 cm (Serrat; Krieger; Motta, 2006).

A análise de variância (ANEXO 2) indicou diferenças significativas entre os sistemas, entre as profundidades e interação entre os fatores para os teores de fósforo, potássio, magnésio e os atributos soma das bases e saturação de bases.

Os teores médios de P foram considerados muito baixos no SAF nas três profundidades analisadas. Na Floresta, os valores de P foram considerados baixos

na profundidade 0 a 5 cm e muito baixos nas profundidades 5 a 10 e 10 a 20 cm (Serrat; Krieger; Motta, 2006). Os teores de P (TABELA 19) apresentaram a tendência de diminuição com o aumento da profundidade, tanto no SAF quanto na Floresta, sendo as médias das três camadas analisadas diferentes significativamente entre si, para os dois sistemas.

As diferenças significativas entre os sistemas quanto aos teores de P foram observadas na camada superficial de 0 A 5 cm, sendo a maior média encontrada no Fragmento Florestal (TABELA 19).

TABELA 19 – TEORES DE FÓSFORO (P), POTÁSSIO (K) E MAGNÉSIO (Mg) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTA COM ERVA-MATE (SAF) E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Profundidade <sup>1</sup>	Sistema <sup>2</sup>							
	SAF		FOM		SAF		FOM	
	P		K		Mg			
	mgdm <sup>-3</sup>		cmolcdm <sup>-3</sup>					
0 a 5 cm	2,77 Ba	3,63 Aa	0,42 Aa	0,26 Ba	1,63 Aa	1,19 Ba		
5 a 10 cm	2,07 Ab	2,16 Ab	0,25 Ab	0,16 Bb	1,00 Ab	0,83 Ab		
10 a 20 cm	1,23 Ac	1,36 Ac	0,15 Ac	0,13 Ab	0,64 Ac	0,69 Ab		

FONTE: O autor (2009)

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores e tipo de argila influenciam positivamente a adsorção do P no solo, sendo assim os solos argilosos apresentam maior capacidade de adsorção deste elemento (Novais e Mello, 2007). A acentuada acidez e elevadas concentrações de Al trocável diminuem a solubilidade do P nos solos (Sousa, Miranda e Oliveira, 2007). Conforme já exposto, os solos estudados foram classificados como acentuadamente ácidos, com altos teores de Al trocável e muito argilosos, explicando os baixos valores de P encontrados em ambos os sistemas. Todavia, a área do Fragmento Florestal apresentou significativamente as maiores quantidades de P na serapilheira acumulada sobre o solo (TABELA 9), explicando as diferenças entre os sistemas, pois de acordo com Silva e Mendonça (2007) o aporte orgânico pode aumentar a ciclagem do P e aumentar sua disponibilidade para as plantas.

Os teores de K<sup>+</sup> foram consideradas muito altos no SAF na profundidade 0 a 5 cm e médios nas demais profundidades (Serrat; Krieger; Motta, 2006). No Fragmento Florestal, os valores de K<sup>+</sup> foram considerados médios nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm e baixos na profundidade 10 a 20 cm. (Serrat; Krieger; Motta, 2006).

As médias das três profundidades são estatisticamente diferentes no SAF. No Fragmento Florestal, só a camada mais superficial difere das demais.

Os sistemas apresentaram diferenças significativas nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm quanto aos teores de K (TABELA 19), sendo as maiores médias encontradas no SAF, o que está relacionado a serapilheira acumulada, a roçada da regeneração natural e possivelmente as diferenças na composição florísticas das áreas. O SAF apresentou as maiores quantidades de K acumulado na serapilheira, diferindo significativamente do Fragmento Florestal (TABELA 9). Para o ano de 2008 estimou-se que a roçada da regeneração natural tenha aportado ao solo do SAF 26,14 kg de K por hectare (TABELA 5), sendo este elemento lavado do material orgânico logo após a morte das células, retornando rapidamente ao solo, compondo a sua fase líquida ou sendo adsorvido eletrostaticamente pelas cargas negativas das frações orgânicas e inorgânicas (minerais de argilas silicatadas, óxidos e hidróxidos) (Ernani *et al.*, 2007). O manejo do SAF favoreceu o desenvolvimento da erva-mate, espécie que segundo Caldeira (2003) apresenta teores altos de K em suas folhas comparativamente a outras espécies arbóreas que compõe a FOM, sendo assim quantidades altas deste elemento podem estar sendo aportadas ao solo pela lavagem das copas desta espécie, pois o K não compõe tecidos estruturais da planta estando presente no citosol e no vacúolo como íon livre, sendo facilmente lixiviado pelas chuvas (Epstein e Bloom, 2006).

Os teores de  $Mg^{2+}$  foram considerados muito altos na profundidade de 0 a 5 cm, altos na profundidade de 5 a 10 e baixos na camada de 10 a 20 cm, tanto no SAF quanto no Fragmento Florestal (Serrat; Krieger; Motta, 2006). No SAF, houve diferenças significativas entre as três profundidades e no Fragmento Florestal apenas a profundidade 0 a 5 cm foi diferente significativamente das demais.

Comparando-se os sistemas em cada uma das profundidades verificou-se que o SAF apresentou a maior média de Mg na camada de 0 a 5cm (TABELA 19), o que pode estar relacionado a contribuição da roçada da regeneração natural. Para o ano de 2008 estimou-se uma adição, através da roçada à serapilheira acumulada sobre o solo, de  $3,43 \text{ kg ha}^{-1}$  deste elemento (TABELA 5).

Para o ano de 2008, estimou-se que a roçada da regeneração além de K e Mg acrescentou também  $14,22 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca (TABELA 5), contribuindo para elevação dos teores de soma de bases no SAF, sendo verificadas diferenças significativas em relação ao Fragmento Florestal na camada superficial (TABELA

20). Foram observadas as maiores médias de soma de bases nesta camada, diferindo significativamente das demais nos dois sistemas.

Os valores de saturação de bases (TABELA 20) foram considerados baixos tanto no SAF quanto na Floresta para as 3 profundidades (Serrat; Krieger; Motta, 2006). Contudo, os sistemas apresentaram diferenças significativas na camada superficial, sendo as maiores médias observadas no SAF. Em ambos os sistemas, a camada de 0 a 5 cm apresentou a maior média de V%, diferindo significativamente das demais profundidades no SAF e apenas da profundidade 10 a 20 cm no Fragmento Florestal.

TABELA 20 – MÉDIAS DE SOMA DE BASES (SB) E SATURAÇÃO DE BASES (V%) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Profundidade <sup>1</sup>	Sistema <sup>2</sup>			
	SAF	FOM	SAF	FOM
	SB		V	
	cmolcdm <sup>-3</sup>		%	
0 a 5 cm	4,20 Aa	2,81 Ba	22,71 Aa	15,29 Ba
5 a 10 cm	2,45 Ab	1,95 Ab	14,43 Ab	11,71Aa
10 a 20 cm	1,81 Ab	1,55 Ab	11,00 Ab	9,71 Ab

FONTE: O autor (2009)

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Valores baixos de pH, soma e saturação de bases e altos valores de Al trocável, m% e CTC, assim como os observados neste trabalho são características dos solos das regiões centro-sul e sudeste do Paraná (Merten, 1994) incluídas na área de distribuição natural da Floresta Ombrófila Mista e da erva-mate (Oliveira e Rotta, 1985). Essa formação florestal está adaptada a estas condições, assim como o sistema agroflorestal estudado. Os resultados obtidos indicam que tanto a implantação como o manejo do sistema agroflorestal, até o presente momento não afetaram negativamente o solo sob o ponto de vista das características químicas.

## 5.7 QUANTIDADES DE NUTRIENTES NO SOLO, NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, NA REGENERAÇÃO NATURAL ROÇADA E NAS FOLHAS E RAMOS DA ERVA-MATE

O SAF e o Fragmento Florestal apresentaram (TABELA 21) a mesma seqüência em ordem decrescente quanto aos estoques dos nutrientes (kg<sub>ha</sub>-1) no solo: N, Ca, Mg, K e P.

Comparando-se os estoques de nutrientes encontrados nos solos em cada uma das profundidades, foi possível confirmar as diferenças entre os sistemas já observadas em relação aos teores. No SAF foram observadas as maiores médias de macronutrientes, exceto para o P, sendo as diferenças mais evidentes nas camadas superficiais.

TABELA 21 – ESTOQUES DE N TOTAL, P DISPONÍVEL E Ca E Mg EXTRAÍVEL EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Sistema	Profundidade	N	P	Kg <sub>ha</sub> -1		
				K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>
SAF	0 a 5	1.604,78	0,93	54,48	144,97	66,49
	5 a 10	1.363,29	0,87	40,57	101,03	51,15
	10 a 20	2.313,23	1,12	54,21	184,46	71,02
FOM	0 a 5	1.333,27	1,19	32,73	90,03	47,29
	5 a 10	1.058,41	0,89	26,22	79,03	41,56
	10 a 20	2.229,57	1,22	44,12	133,69	74,97

FONTE: O autor (2009).

Observando-se os dados apresentados na TABELA 22 é possível supor que as diferenças observadas entre os sistemas quanto aos estoques de nutrientes nos solos foram fortemente influenciadas pelas quantidades de biomassa e ou composição química da serapilheira acumulada. A Floresta apresentou os maiores estoques de P no solo, bem como os maiores acúmulos deste nutriente na serapilheira. O SAF apresentou os maiores acúmulos de K e Ca na serapilheira, contribuindo para os maiores estoques destes nutrientes no solo. Este sistema apresentou também os maiores estoques de N e Mg no solo, no entanto, os acúmulos destes nutrientes foram superiores na serapilheira do Fragmento de FOM, o que pode estar relacionado à dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes dos materiais depositados. Na serapilheira acumulada sobre o solo do Fragmento Florestal predominaram os colmos de taquara, provavelmente apresentando alta relação C/N e uma dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes mais lenta.

Por outro lado, na serapilheira acumulada no SAF predominaram as folhas, material com relação C/N possivelmente baixa e com maior facilidade de decomposição e liberação de nutrientes para o solo. Estudos futuros a respeito deste tema poderiam elucidar melhor os resultados observados.

Os dados apresentados na TABELA 22 permitem inferir que no atual estágio de desenvolvimento do SAF as exportações de todos os macronutrientes através da colheita da erva-mate foram inferiores às quantidades presentes na serapilheira acumulada sobre o solo, bem como menores do que às quantidades adicionadas ao solo através da roçada da regeneração natural.

TABELA 22 – QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES PRESENTES NO SOLO, NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, NA BIOMASSA DA REGENERAÇÃO NATURAL E NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF)

Sistema	Compartimento	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>
		.....Kgha <sup>-1</sup> .....				
SAF	Solo (0 a 20 cm)	5.281,30	2,92	149,26	430,45	188,66
	Serapilheira acumulada	109,00	7,45	9,57	53,72	11,52
	Roçada regeneração	26,34	2,25	26,14	14,22	3,43
FOM	Colheita erva-mate	12,27	0,89	11,19	4,54	3,08
	Solo (0 a 20 cm)	4.621,26	3,30	103,08	302,76	163,82
	Serapilheira acumulada	120,35	9,37	7,50	53,23	14,64

FONTE: O autor (2009).

Para o ano de 2008 estimou-se que as quantidades de N adicionadas ao sistema através da roçada da regeneração natural foram 114,7 % superiores àquelas exportadas através da colheita da erva-mate. As quantidades de P foram 153,0 % superiores, as de K 133,6 %, as de Ca 213,2 % e as quantidades de Mg adicionadas foram 11,4 % superiores as exportadas. Esses resultados são importantes, pois indicam que, do ponto de vista da dinâmica dos nutrientes, as roçadas poderiam ser mais espaçadas, ou seja, não necessitariam ser efetuadas anualmente. Tomando-se por base o N, nutriente bastante importante para a erva-mate, cujo aporte através da roçada foi mais de 100% superior à exportação pela colheita, poderia-se propor a roçada a cada dois anos, o que representaria uma economia considerável de tempo e recursos para os agricultores. Pesquisas detalhadas da periodicidade das roçadas em relação ao desenvolvimento do sistema agroflorestal são importantes e recomendadas para adequar ainda mais as práticas de manejo.

## 6 CONCLUSÕES

As áreas estudadas apresentaram densidade e diversidade totais muito próximas. Entretanto, o manejo para a implantação do SAF diminuiu a densidade e riqueza de espécies no dossel em relação ao Fragmento Florestal, provocando maior adensamento e diversificação nos estratos inferiores.

Quanto à florística os sistemas apresentaram similaridade média. Contudo, ambas as áreas apresentaram o mesmo padrão estrutural, com grande número de indivíduos jovens, indicando que o manejo realizado no SAF até o presente momento, não parece comprometer o desenvolvimento futuro da população.

O manejo realizado no SAF até o momento presente não retardou o processo de sucessão natural relativamente ao Fragmento de FOM, sendo ambos os sistemas classificados como formação florestal sucessora, chamadas vulgarmente de Capoeirão.

A roçada seletiva da regeneração natural influenciou a ciclagem de nutrientes no SAF: quantitativamente, à medida que adicionou biomassa à serapilheira acumulada sobre o solo, e; qualitativamente, devido ao material aportado estar verde (estágio fisiologicamente mais ativo) e ser predominantemente composto por folhas, o que provavelmente vêm alterando a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes no sistema.

As maiores quantidades totais de serapilheira acumulada observadas no Fragmento Florestal foram determinadas pelo fim do ciclo natural da taquara que depositou grande quantidade de colmos sobre o solo deste sistema. Todavia o manejo realizado no SAF determinou as maiores quantidades de folhas na serapilheira acumulada.

Não foram observadas diferenças significativas entre os sistemas quanto aos teores dos macronutrientes, exceto para o K que foi maior no SAF, devido à contribuição da roçada da regeneração natural e às diferenças nutricionais entre as espécies que compõe este sistema.

As quantidades de nutrientes presentes na serapilheira acumulada foram mais fortemente influenciadas pelas médias das biomassas, do que pelas médias dos teores. Sendo assim, as maiores quantidades totais de N, P e Mg foram observadas no Fragmento Florestal e as maiores quantidades de Ca e K no SAF.

No atual estágio de desenvolvimento do SAF as exportações de macronutrientes pela colheita da erva-mate foram menores do que as quantidades de nutrientes presentes na serapilheira acumulada sobre o solo e aquelas adicionadas através da roçada da regeneração natural, indicando que, sob este aspecto, as roçadas poderiam ser mais espaçadas.

Os altos teores de matéria orgânica, as baixas densidades de partícula e do solo, além dos altos volumes de poros totais encontrados no SAF, indicam que o manejo realizado neste sistema conservou boas condições físicas para o desenvolvimento das plantas.

Os solos das áreas estudadas foram considerados acentuadamente ácidos e com alta saturação em alumínio e baixa saturação de bases, refletindo as características das áreas de distribuição natural da Floresta Ombrófila Mista e da erva-mate.

Contudo, no SAF, sobretudo nas camadas mais superficiais do solo, foram observadas as maiores médias de teores e de estoques de macronutrientes, exceto para o P que foram maiores no Fragmento Florestal, sendo estas médias fortemente influenciadas pelas quantidades e qualidades das serapilheiras acumuladas sobre os solos.

O Sistema Agroflorestal demonstrou ser uma alternativa de diversificação econômica da unidade produtiva familiar, conservando características estruturais similares ao do Fragmento Florestal Secundário com todos os benefícios ambientais indiretos.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve caráter exploratório, sendo necessários outros estudos para melhor caracterização e entendimento a respeito da ciclagem de nutrientes no sistema agroflorestal com erva-mate e no Fragmento de Floresta Ombrófila Mista, neste sentido recomendo que sejam realizados:

a) levantamentos fitossociológicos da regeneração natural na área de SAF, visando compreender os efeitos da roçada seletiva e também na área do Fragmento Florestal para o entendimento dos impactos do final do ciclo da taquara;

b) análise da contribuição quantitativa e qualitativa individual das principais espécies para a serapilheira, orientando a roçada seletiva a ser realizada pelo agricultor de modo a atender as necessidades nutricionais da erva-mate;

c) análises sobre a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes, tendo em vista o melhor entendimento das contribuições da roçada seletiva da regeneração natural e da serapilheira para as diferenças observadas entre o SAF e o Fragmento Florestal quanto aos teores de nutrientes no solo;

d) análises sobre a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos de colheita e industriais da erva-mate, embasando a proposição de manejo adequado para estes materiais, visando à reposição dos nutrientes exportados através da colheita;

e) experimentos que possam subsidiar a definição de um adequado intervalo entre as roçadas, otimizando tempo e recursos do agricultor, bem como o balanço de nutrientes no SAF;

f) experimentos a respeito da densidade ideal e sobre manejo da luminosidade, buscando aumento de produtividade do erval e a manutenção das características estruturais do sistema;

g) caracterização da estrutura do solo, objetivando a melhor compreensão das diferenças observadas entre os sistemas quanto macro e microporosidade;

h) levantamento da macro e microbiologia do solo, no sentido de melhor elucidar a ciclagem de nutrientes nas áreas.

i) estudos de longo prazo e continuados para avaliar efeitos futuros do manejo realizado no SAF.

## REFERÊNCIAS

- ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.5, 715-721, 2003/jul-ago. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/i/2003.v27n5/>. Acesso em: 20 abr. 2009.
- ARAÚJO, D. D. *et al.* Análise da diversidade de espécies vegetais e sua relação com os solos de sistemas agroflorestais do alto Jequitinhonha-MG. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, II, 2004, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: PUC-RS, 2004. CD-ROM.
- ASSIS, L. R; ROMEIRO, A. R.. Agroecologia e agricultura familiar na região centro-sul do estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.43, n.1, p. 155-157, 2005/jan-mar. Disponível em: <https://revistasober.org/ed/5cf800280e88254e3458d25b>. Acesso em: 10 mar. 2009.
- BACKES, P.; IRGANG, B.. **Árvores do Sul**: Guia de Identificação e Interesse Ecológico. Rio de Janeiro: Instituto Souza Cruz, 2002, 60 p.
- BACKES, A.; PRATES, F. L.; VIOLA, M. G.. Produção de serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 19, n 1, p. 155-160, 2004. DOI. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000100015>.
- BOTREL, R. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; RODRIGUES, L. A.; CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n.2, p.195-213, 2002/jun. DOI. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000200008>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria da Coordenação da Amazônia. Programa Piloto para a Proteção das Florestais Tropicais do Brasil. Subprograma Projetos Demonstrativos. **Estudos da Amazônia**: avaliação de vinte projetos PDA/MMA. Brasília: MMA, 2004, 134 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Decreto n. 6.660, de 21 de novembro de 2008. Regulamenta dispositivos da Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 nov. 2008, p. 1.
- BRASIL. Ministério da Justiça. Ministério do Meio Ambiente. Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2006, p. nº 1.

BRASIL. Presidência da República. Decreto n. 6.040, de 7 de fevereiro de 2007. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 08 fev. 2007, pág. nº 316.

BREMNER, J.M. Nitrogen total. In: SPARKS, D.L. (ed). **Methods of soil analysis**. Part 3. Madison: America Society of Agronomy, 1996. p.1085-1121 (SSSA Book Series, 5).

BRITEZ, R. M.; REISSMAN, C. B.; SILVA, S. M.; SANTOS FILHO, A.. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de araucária, São Mateus do Sul, Paraná. *In*: Congresso Nacional Sobre Essências Nativas: Conservação da Biodiversidade, 2, 1992, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Revista do Instituto Florestal, v. 4, n único, parte 3, 1992. p. 766-772.

CALDEIRA, M. V. W.. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná**. 2003. 176 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CAMPOS, M. A. A. **Balço de biomassa e nutrientes em povoamentos de Ilex paraguariensis**: Avaliação na safra e na safrinha. 1991. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B.. **Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no estado do Paraná, em solos não degradados**. Colombo: EMBRAPA / CNPF, 2006. Documento n. 136. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/313946>. Acesso em: 15 fev. 2009.

CARVALHO, J. et al.. Relações entre a distribuição das espécies de diferentes estratos e as características do solo de uma floresta aluvial no Estado do Paraná, Brasil, **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-9, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000100002>.

CARVALHO, P. E. R.. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1994, 639 p.

CASTELLA, P. R.; BRITEZ, R. M.. (Org.). **A Floresta com Araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos Remanescentes**. Brasília: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2004. 236 p. Relatório Técnico de Conclusão do PROBIO - Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira.

CHANG, M. Y. **Sistema Faxinal**: uma forma de organização camponesa em desagregação no Centro-sul do Paraná. Londrina: IAPAR, 1988.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 2, de 18 de março de 1994. Defini as formações vegetais primárias, bem como os estágios sucessionais

de vegetação secundária, com finalidade de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa no Estado do Paraná. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 28 mar. de 1994. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 20 jun. 2009.

CROCE, D. M. da; NADAL, R.; FLOSS, P. A.. **Avaliação de sistemas agroflorestais com erva-mate e culturas anuais no Oeste Catarinense**. Florianópolis: EPAGRI, 1997. Boletim Técnico n. 92.

CUNHA, G. C.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, DELMAR A. Dinâmica nutricional em Floresta Estacional Decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n.1, p. 35-64, jan./dez. 1993. DOI: <https://doi.org/10.5902/19805098284>.

DURIGAN, M. E. **Florística, dinâmica e análise proteica de uma floresta ombrofila mista em São João do Triunfo - PR**. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

DURIGAN, G.; RODRIGUES, R.R.; SCHIAVINI, I. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. *In*: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p.159-167.

DURIGAN, G.; BERNACCI, L. C.; FRANCO, G. A. D. C.; ARBOCZ, G. F.; METZGER, J. P.; CATHARINO, E. L. M. Estádio sucessional e fatores geográficos como determinantes da similaridade florística entre comunidades florestais no Planalto Atlântico, Estado de São Paulo, Brasil, **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 51-62, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062008000100007>.

DUARTE, E. M. G. **Ciclagem de nutrientes por árvores em Sistemas Agroflorestais na Mata Atlântica**. 115 f. 2007. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise do Solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA / CNPS, 1997.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2006.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina: Editora Planta, 2006.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C.. Potássio. *In*: NOVAIS, R. F. et al. (Eds). **Fertilidade do solo**. 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa, 2007. p. 551-594.

FERRETTI, A.R. et al. Classificação das espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, v. 3,

n.7, p.73-77, 1995. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/florestar.htm>. Acesso em: 05 mai. 2009.

FIGUEIREDO FILHO, A. *et al.*. Produção estacional de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati (PR). **Revista Ambiência**, Guarapuava, v.1, n. 2, p. 257-269, 2005. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/219>. Acesso em: 02 jun. 2009.

FOSSATI, L. C.. **Avaliação do estado nutricional e da produtividade de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), em função do sítio e da dioícia**. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Estatísticas do Atlas de Remanescentes Florestais da Mata Atlântica no período de 2000 a 2005 (Municípios)**. 1ª ed. 2008. Disponível em: <http://www.sosmatatlantica.org.br/index.php?section=atlaseaction=atlas>. Acesso em: 03 mai. 2009.

GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais: funcionalidade e sustentabilidade. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4, 2002, Ilhéus. **Anais [...]**. Ilhéus: UESC, 2002.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável**. 3 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2005.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**, 1994. Londrina: IAPAR, 1994. 45 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2005**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 20, p.1-50, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estado**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em: 8 jun. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 1995/1996**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 8 jun. 2009b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006 - Resultados Preliminares**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 8 jun. 2009b.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Relação dos Projetos de Assentamentos**. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/parana/arquivos/0661301812.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2007.

KAGEYAMA, P. Y.; VIANA, V. M.. Tecnologia de sementes e grupos ecológicos de espécies arbóreas tropicais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia. **Anais [...]**. São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 197– 215.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia**: relações solo-planta. Curitiba: São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979.

LOURENÇO, R. S.; MEDRADO, M. L. S.. **Cobertura morta na produtividade da erva-mate**. Colombo: EMBRAPA / CNPF, 1998. Relatório de Pesquisa em Desenvolvimento, n. 70.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968, 350 p.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1988. 179 p.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p. 837-848, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000500018>.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MAZUCHONSKI, J. Z.. **Manual da erva-mate (Ilex paraguariensis St. Hil)**. Curitiba: EMATER-PR, 1991. 104 p.

MARIN, A. M. P.; JUCKSCH, I; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M. Impactos de um Sistema Agroflorestal com Café na Qualidade do Solo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2., 2004, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: PUC-RS, 2004.

MARTINS , A. P. L.; REISSMANN, C. B.. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.8, n.1, p.1-17, 2007.

MERTEN, G. H. (Org.). **Manejo de solos de baixa aptidão agrícola na região Centro-Sul do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994.112 p.

MICHIGAN STATE UNIVERSITY. **MSTATIC**, versão 2.10. East Lansing, MI, 1989. 1 CD-ROW MSDOS.

MINERAIS DO PARANÁ S/A. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria de Estado da Indústria, do Comércio e do Turismo, 2001. 116 p.

MONTAGNINI, F. et al.. **Sistemas agroflorestais: principios y aplicaciones en los trópicos**. San José: OET, 1992, 622 p.

MONTOYA, L; RODIGHERI, H. R.; SILVA, P. V. A agricultura familiar e os sistemas agroflorestais. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 73-84, jul./dez. 1990. Disponível em: <https://cienciaeambiente.com.br/29-2/>. Acesso em: 05 jul. 2009.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.

NOVAIS, R. F.; MELLO, W. V.. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F. et al. (eds). **Fertilidade do solo**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

OLIVEIRA, Y. M. M; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE, 1983, Curitiba. **Anais [...]**. Colombo: EMBRAPA / CNPF, 1985, p. 17-36.

OLIVA, E. V. **Composição química e produtividade de procedencias e progenies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) cultivadas em latossolo vermelho distrofico no município de Ivai - PR**. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PAGANO, S.N.; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do Oeste do estado de São Paulo, Brasil. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p.109-123.

PARANÁ CIDADE. **Municípios do Paraná**. Disponível em: <http://www.paranacidade.org.br/municipios/municipios.php>. Acesso em: 4 mai. 2009.

PENEIREIRO, F. M. **Sistemas Agroflorestais dirigidos pela Sucessão Natural: um estudo de caso**. 149 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Ciências Florestais - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba: 1999.

PORTUGAL, A. F. et al.. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 249-258, 2008.

QUADROS, R. M. B.; REISSMANN, C. B.; RADOMSKI, M. I.. Comparação dos teores foliares de macro e micronutrientes em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) em ervais nativos sob condições de sombreamento e a céu aberto. In: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-

MATE, 1, 1992, Porto alegre. **Programas e Resumos [...]**. Porto Alegre: FAPERGS, 1992. p. 30.

RACHWAL, M. F. G. et al.. **Influência da luminosidade sobre a produtividade da ervamate em latossolo vermelho-amarelo em São Mateus do Sul, PR**. Colombo: EMBRAPA / CNPF, 2000. Relatório de Pesquisa em Desenvolvimento, n. 74.

RADOMSKI, M. I. et al.. Avaliação dos teores de macro e micro em folhas jovens e velhas de erva-mate nativa. *In*: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS: CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2, 1992, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: Revista do Instituto Florestal de São Paulo, v. 4, n. único, parte 2, 1992, p. 453-456.

RAKOCEVIC, M. et al.. **A.. Caracterização do microclima luminoso em dois sistemas de cultivo da erva-mate e o seu impacto na produtividade de plantas**. *In*: CONGRESSO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 4, 2006, Misiones – AR. REUNIÓN TÉCNICA DE LA YERBA MATE, 4, 2006, Misiones – AR. Posadas – AR: INYM / INTA, 2006.

REISSMANN, C. B. et al. Bio-elementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) sobre Cambissolos na região de Mandirituba. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 14, n. 2, 1983, p. 49-54.

REISSMANN, C. B. et al. Avaliação das exportações de macronutrientes pela exportação da erva-mate. *In*: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE, 10, 1983, Curitiba. **Documentos 15 [...]**. Colombo: EMBRAPA / CNPF, 1985, p. 128-140.

REISSMANN, C. B.; PREVEDELLO, B. M. S. Influência da calagem no crescimento e na composição química foliar da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). *In*: Congresso Nacional sobre Essências Nativas: Conservação da Biodiversidade, 2, 1992, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Revista do Instituto Florestal de São Paulo, v. 4, n. único, parte 4, 1992. p. 625-629.

RODERJAN, C. V. et al.. As Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, vol 24, n1, p 75 – 92, 2002/jul.

RODIGHERI, H. R.. Plantios florestais e sistemas agroflorestais: alternativas para o aumento de emprego e renda na propriedade rural. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42, 2004, Cuiabá. **Artigos completos**. Brasília: SOBER, 2004, p. 159.

RODRIGUES, L. A. et al.. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.25-35, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000100004>.

ROSÁRIO, D. A. P.. **Padrões florísticos e tipos funcionais em Floresta com Araucária e suas relações com o solo**. 136 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

SANQUETTA, C. R.; MATTEI, E. Manejo racional da floresta de araucária. **Meio Ambiente Santa Catarina**, Florianópolis, v. 2, p. 58, 2002.

SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A.P.; EISFELD, R. L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1, p. 101-112, 2003.

SANQUETTA, C. R. **Perspectivas de recuperação e manejo sustentável das Florestas de Araucária**. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2006. 264 p.

SANQUETTA, C. R. **Os números atuais da cobertura florestal no Paraná**. Ambiente Brasil, Curitiba, 2009. Disponível em: <<http://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/artigos>>. Acesso em: 20/05/2009.

SANTIN, D.. **Produtividade, teor de minerais, cafeína e teobromina em erva-mate adensada e adubada quimicamente**. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

SEAB. **Preços pagos ao produtor**. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/prp.xls>>. Consultado em: 20 de jul. de 2009.

SERRAT, B. M.; KRIEGER, K. I.; MOTTA, A. C. V.. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). *In*: LIMA, M. R. **Diagnóstico e Recomendações de Manejo do Solo**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006. p. 125-142.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S.. Matéria orgânica do solo. *In*: NOVAIS, R. F. et al. (eds). **Fertilidade do solo**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 276-357.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na Bacia do Alto do Rio Grande MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 719-730, 2005/jul-ago.

SONDA, C. **A Floresta no Estado do Parana**: condicionantes naturais, economicos e sociais. 190 f. Dissertação (mestrado) - Instituto Superior de Agronomia da Universidade Tecnica de Lisboa, Lisboa, 1996.

SOUSA, G. M. D.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A.. Acidez do solo e sua correção. *In*: NOVAIS, R. F. et al. (Eds). *In*: **Fertilidade do solo**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

VELOSO, H. P.; LIMA, J. C. A.. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 123 p.

VIEIRA, A. R. R.; SUERTEGARAY, C. E. O.; HELDWEIN, A. B.; MARASCHIN, M. SILVA, A. L.. Influência do microclima de um sistema agroflorestral na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, 2003, v. 11, n. 1, p. 91-97.

VIVAN, J. L. **Agricultura e Florestas**: princípios de uma interação vital. Guaíba: Agropecuária, 1998. 207 p.

VIVAN, J. L. **Saber Ecológico e Sistemas Agroflorestrais: um estudo de caso na Floresta Atlântica do Litoral Norte do RS, Brasil**. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

VIVAN, J. L.; FLORIANI, G. S. Construção participativa de indicadores de sustentabilidade em sistemas agroflorestrais em rede na Mata Atlântica. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5, 2004, Curitiba. **Anais [...]**. Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 2004. CD ROW. p. 619.

WISNIEWSKI, C. et al. Exportação de biomassa e macronutrientes com a primeira poda de formação da erva-mate na região de Pinhais – PR. **Revista Agrárias**, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 179 – 186, 1996.

WISNIEWSKI, C. et al. Avaliação nutricional e exportação de nutrientes pela erva-mate plantada em diferentes ambientes. *In*: FOREST'99 – INTERNACIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON FOREST, 5, 1999, Curitiba. **Resumos expandidos [...]**. Curitiba, 1999. 1 CD-Rom.

ZAMPIER, A. C. **Avaliação dos níveis de nutrientes, cafeína e taninos após adubação mineral e orgânica, e sua relação com a produtividade na erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

## ANEXO 1 - CÁLCULO DOS ESTOQUES DE MACRONUTRIENTES NOS SOLOS

Para os nutrientes cujos resultados das análises estão expressos em unidade de volume (P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>):

- a) Passo 1 - transformação dos teores de nutrientes encontrados em  $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$  ou  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  para  $\text{kgdm}^{-3}$ ;
- b) Passo 2: cálculo do volume do solo em um hectare a certa faixa de profundidade em  $\text{dm}^{-3}$ ;
- c) Passo 3: utilizando-se os valores encontrados, obtém-se através de regra de três simples as quantidades de nutrientes;
- d) Passo 4: multiplicação dos valores pela densidade do solo (Ds), obtendo-se as quantidades de nutrientes corrigidos em  $\text{kg}\text{ha}^{-1}$  a certa faixa de profundidade.

Para os nutrientes expressos em unidade de massa (N):

- a) Passo 1: transformação dos teores de N encontrados em  $\text{gkg}^{-1}$  para  $\text{kgkg}^{-1}$ ;
- b) Passo 2: cálculo do volume do solo em um hectare a certa faixa de profundidade em  $\text{dm}^{-3}$ ;
- c) Passo 3: utilizando-se os valores do volume encontrados e a densidade do solo (Ds) obtém-se através de regra de três simples a massa de solo em  $\text{kg}\text{ha}^{-1}$  a certa profundidade;
- d) Passo 4: utilizando-se os valores de massa do solo e os teores transformados, através de regra de três simples obtém-se as quantidades de N em  $\text{kg}\text{ha}^{-1}$  a certa faixa de profundidade.

## ANEXO 2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA

### 2.1 Parâmetros da Química do Solo

TABELA 2.1.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - pH CaCl

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,006	0,006	0,1820	
Repetições Sistema	12	0,392	0,033		
Profundidade	2	0,043	0,022	3,9854	0,0320
Sistema x Profundidade	2	0,006	0,003	0,5693	
Repetições	24	0,130	0,005		
Total	41	0,578			
Média Geral	3,883				
Coeficiente de Variação	1,90%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - pH SMP

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,029	0,029	0,6811	
Repetições Sistema	12	0,508	0,042		
Profundidade	2	0,053	0,026	5,6441	0,0098
Sistema x Profundidade	2	0,015	0,007	1,5763	0,2274
Repetições	24	0,112	0,005		
Total	41	0,716			
Média Geral	4,564				
Coeficiente de Variação	1,50%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - Al

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,461	0,461	0,2330	
Repetições Sistema	12	23,737	1,978		
Profundidade	2	1,083	0,542	2,8420	0,0780
Sistema x Profundidade	2	0,189	0,095	0,4959	
Repetições	24	4,574	0,191		
Total	41	30,045			
Média Geral	3,319				
Coeficiente de Variação	13,15%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - H + Al

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	1,486	1,486	0,2543	
Repetições Sistema	12	70,126	5,844		
Profundidade	2	1,003	0,502	0,1832	
Sistema x Profundidade	2	4,092	2,046	0,7470	
Repetições	24	65,731	2,739		
Total	41	142,438			
Média Geral	14,883				
Coeficiente de Variação	11,12%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula:  $\text{SQRT}(1 + V_x)$

TABELA 2.1.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	1,972	1,972	2,7848	0,1210
Repetições Sistema	12	8,496	0,708		
Profundidade	2	6,042	3,021	28,7927	0,0000
Sistema x Profundidade	2	0,653	0,327	3,1135	0,0628
Repetições	24	2,518	0,105		
Total	41	19,681			
Média Geral	1,240				
Coeficiente de Variação	26,11%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,381	0,381	1,4414	0,2531
Repetições Sistema	12	3,171	0,264		
Profundidade	2	4,000	2,000	45,6576	0,0000
Sistema x Profundidade	2	0,415	0,207	4,7337	0,0185
Repetições	24	1,051	0,044		
Total	41	9,019			
Média Geral	0,995				
Coeficiente de Variação	21,03%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,086	0,086	7,7601	0,0165
Repetições Sistema	12	0,133	0,011		
Profundidade	2	0,280	0,140	77,7118	0,0000
Sistema x Profundidade	2	0,031	0,016	8,6305	0,0015
Repetições	24	0,043	0,002		
Total	41	0,573			
Média Geral	0,227				
Coeficiente de Variação	18,72%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula:  $\text{SQRT}(Vx \cdot 10)$

TABELA 2.1.8 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - SB

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	5,429	5,429	2,7689	0,1220
Repetições Sistema	12	23,528	1,961		
Profundidade	2	24,837	12,419	48,2380	0,0000
Sistema x Profundidade	2	2,469	1,235	4,7954	0,0177
Repetições	24	6,179	0,257		
Total	41	62,442			
Média Geral	2,460				
Coeficiente de Variação	20,63%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.9 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO – CTC a pH 7

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	1,200	1,200	0,3170	
Repetições Sistema	12	45,441	3,787		
Profundidade	2	34,933	17,467	6,7709	0,0047
Sistema x Profundidade	2	0,260	0,130	0,0504	
Repetições	24	61,912	2,580		
Total	41	143,747			
Média Geral	17,346				
Coeficiente de Variação	9,26%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: Ln (Vx)

TABELA 2.1.10 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	1,339	1,339	3,9354	0,0706
Repetições Sistema	12	4,084	0,340		
Profundidade	2	25,623	12,812	116,1345	0,0000
Sistema x Profundidade	2	1,316	0,658	5,9633	0,0079
Repetições	24	2,648	0,110		
Total	41	35,010			
Média Geral	2,202				
Coeficiente de Variação	15,08%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela formula: SQRT (1 + Vx)

TABELA 2.1.11 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - C

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	48,644	48,644	1,4174	0,2568
Repetições Sistema	12	411,823	34,319		
Profundidade	2	1124,003	562,002	99,5574	0,0000
Sistema x Profundidade	2	17,423	8,712	1,5433	0,2342
Repetições	24	135,480	5,645		
Total	41	1737,373			
Média Geral	35,567				
Coeficiente de Variação	6,68%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.12 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - V%

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	152,381	152,381	1,9946	0,1833
Repetições Sistema	12	916,762	76,397		
Profundidade	2	547,000	273,500	33,7192	0,0000
Sistema x Profundidade	2	72,333	36,167	4,4589	0,0226
Repetições	24	194,667	8,111		
Total	41	1883,143			
Média Geral	14,143				
Coeficiente de Variação	20,14%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.13 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - M%

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	579,429	579,429	1,0957	0,3158
Repetições Sistema	12	6345,714	528,810		
Profundidade	2	2535,619	1267,810	24,5609	0,0000
Sistema x Profundidade	2	130,857	65,429	1,2675	0,2997
Repetições	24	1238,857	51,619		
Total	41	10830,476			
Média Geral	58,524				
Coeficiente de Variação	12,28%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.14 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	2,463	2,463	3,0803	0,1047
Repetições Sistema	12	9,594	0,799		
Profundidade	2	28,501	14,250	60,5281	0,0000
Sistema x Profundidade	2	0,929	0,464	1,9727	0,1610
Repetições	24	5,650	0,235		
Total	41	47,136			
Média Geral	3,277				
Coeficiente de Variação	14,81%				

FONTE: O Autor (2009).

## 2.2 Parâmetros da Física do Solo

TABELA 2.2.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO - Areia

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	13485,875	13485,875	12,8934	0,0037
Repetições Sistema	12	12551,436	1045,953		
Profundidade	2	321,373	160,687	0,6714	
Sistema x Profundidade	2	374,173	187,087	0,7817	
Repetições	24	5744,106	239,338		
Total	41	32476,963			
Média Geral	68,281				
Coeficiente de Variação	22,66%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela formula:  $\text{SQRT}(Vx)$

TABELA 2.2.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO - Silte

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	14021,494	14021,494	4,2720	0,0610
Repetições Sistema	12	39386,177	3282,181		
Profundidade	2	21318,496	10659,248	4,1861	0,0276
Sistema x Profundidade	2	10846,839	5423,419	2,1299	0,1408
Repetições	24	61112,449	2546,352		
Total	41	146685,455			
Média Geral	274,100				
Coeficiente de Variação	18,41%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.2.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO - ARGILA

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	55009,524	55009,524	11,7888	0,0050
Repetições Sistema	12	55995,048	4666,254		
Profundidade	2	26292,762	13146,381	4,9417	0,0159
Sistema x Profundidade	2	10761,333	5380,667	2,0226	0,1543
Repetições	24	63847,238	2660,302		
Total	41	211905,905			
Média Geral	657,619				
Coeficiente de Variação	7,84%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.2.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO - MACROPOROSIDADE

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	90,112	90,112	2,1506	0,1682
Repetições Sistema	12	502,810	41,901		
Profundidade	2	1308,164	654,082	54,3161	0,0000
Sistema x Profundidade	2	85,047	42,523	3,5312	0,0453
Repetições	24	289,012	12,042		
Total	41	2275,145			
Média Geral	30,782				
Coeficiente de Variação	11,27%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.2.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO - MICROPOROSIDADE

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	121,210	121,210	27,4380	0,0002
Repetições Sistema	12	53,011	4,418		
Profundidade	2	228,655	114,328	41,2795	0,0000
Sistema x Profundidade	2	65,561	32,780	11,8357	0,0003
Repetições	24	66,470	2,770		
Total	41	534,907			
Média Geral	37,992				
Coeficiente de Variação	4,38%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.2.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO - MACOPOROSIDADE

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	15,849	15,849	0,9939	
Repetições Sistema	12	191,352	15,946		
Profundidade	2	361,138	180,569	18,4578	0,0000
Sistema x Profundidade	2	18,723	9,361	0,9569	
Repetições	24	234,787	9,783		
Total	41	821,848			
Média Geral	68,78				
Coeficiente de Variação	4,5%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.2.7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO – DENSIDADE DE PARTÍCULA

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,001	0,001	0,1369	
Repetições Sistema	12	0,053	0,004		
Profundidade	2	0,107	0,053	18,0515	0,0000
Sistema x Profundidade	2	0,007	0,003	1,1630	0,3295
Repetições	24	0,071	0,003		
Total	41	0,239			
Média Geral	2,561				
Coefficiente de Variação	2,13%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.2.8 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO – DENSIDADE DO SOLOS

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,007	0,007	0,6242	
Repetições Sistema	12	0,144	0,012		
Profundidade	2	0,333	0,167	23,8681	0,0000
Sistema x Profundidade	2	0,008	0,004	0,5628	
Repetições	24	0,168	0,007		
Total	41	0,660			
Média Geral	0,783				
Coefficiente de Variação	10,67%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: SIN (Vx)

### 2.3 Teores de macronutrientes na serapilheira

TABELA 2.3.9 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	1,581	1,581	0,3494	
Repetições Sistema	12	54,320	4,527		
Frações	2	503,353	251,676	126,2775	0,0000
Sistema x Frações	2	10,981	5,490	2,7548	0,0837
Repetições	24	47,833	1,993		
Total	41	618,068			
Média Geral	15,091				
Coefficiente de Variação	9,36%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.3.10 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,264	0,264	3,8633	0,0729
Repetições Sistema	12	0,820	0,068		
Frações	2	2,300	1,150	42,1510	0,0000
Sistema x Frações	2	0,157	0,078	2,8749	0,0760
Repetições	24	0,655	0,027		
Total	41	4,196			
Média Geral	1,112				
Coefficiente de Variação	14,86%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.3.11 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	1,321	1,321	10,9715	0,0062
Repetições Sistema	12	1,445	0,120		
Frações	2	4,234	2,117	120,9321	0,0000
Sistema x Frações	2	0,211	0,106	6,0269	0,0076
Repetições	24	0,420	0,018		
Total	41	7,632			
Média Geral		1,185			
Coeficiente de Variação		11,17%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.3.12 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	11,357	11,357	2,7435	0,1235
Repetições Sistema	12	49,674	4,139		
Frações	2	17,157	8,578	5,8640	0,0084
Sistema x Frações	2	1,705	0,852	0,5827	
Repetições	24	35,109	1,463		
Total	41	115,001			
Média Geral		6,998			
Coeficiente de Variação		17,28%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.3.13 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,381	0,381	2,0603	0,1767
Repetições Sistema	12	2,219	0,185		
Frações	2	5,368	2,684	23,6339	0,0000
Sistema x Frações	2	0,291	0,145	1,2795	0,2965
Repetições	24	2,726	0,114		
Total	41	10,985			
Média Geral		1,720			
Coeficiente de Variação		19,59%			

FONTE: O Autor (2009).

## 2.4 Matéria seca e quantidades de macronutrientes na serapilheira

TABELA 2.4.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA MATÉRIA SECA DA SERAPILHEIRA - MS

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	2762596,9	2762596,9	20,8145	0,0007
Repetições Sistema	12	1592696,9	132724,7		
Frações	2	19392341,9	9696170,9	24,1003	0,0000
Sistema x Frações	2	21212294,2	10606147,1	26,3621	0,0000
Repetições	24	9655819,2	402325,8		
Total	41	54615749,1			
Média Geral		2619,921			
Coeficiente de Variação		24,21%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.4.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA DA SERAPILHEIRA - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	150,482	150,482	3,0639	0,1055
Repetições Sistema	12	589,375	49,115		
Frações	2	4797,093	2398,547	18,3596	0,0000
Sistema x Frações	2	3022,538	1511,269	11,5679	0,0003
Repetições	24	3135,429	130,643		
Total	41	11694,918			
Média Geral	38,225				
Coeficiente de Variação	29,90%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela formula:  $SQRT(1 + Vx)$

TABELA 2.4.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA DA SERAPILHEIRA - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	4,314	4,314	7,3809	0,0187
Repetições Sistema	12	7,013	0,584		
Frações	2	29,125	14,562	23,7890	0,0000
Sistema x Frações	2	11,522	5,761	9,4111	0,0010
Repetições	24	14,692	0,612		
Total	41	66,665			
Média Geral	2,804				
Coeficiente de Variação	27,90%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.4.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA DA SERAPILHEIRA - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	4,978	4,978	4,6155	0,0528
Repetições Sistema	12	12,943	1,079		
Frações	2	1,381	0,690	1,1834	0,3235
Sistema x Frações	2	17,955	8,978	15,3907	0,0000
Repetições	24	13,999	0,583		
Total	41	51,257			
Média Geral	2,846				
Coeficiente de Variação	26,83%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.4.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA DA SERAPILHEIRA - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,282	0,282	0,0105	
Repetições Sistema	12	322,753	26,896		
Frações	2	693,923	346,961	10,1061	0,0007
Sistema x Frações	2	604,29	302,146	8,8008	0,0014
Repetições	24	823,962	34,332		
Total	41	2445,210			
Média Geral	17,826				
Coeficiente de Variação	32,87%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.4.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA QUANTIDADE DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	11,326	11,326	7,7080	0,0168
Repetições Sistema	12	17,632	1,469		
Frações	2	18,252	9,126	4,2006	0,0273
Sistema x Frações	2	69,683	34,841	16,0374	0,0000
Repetições	24	52,140	2,173		
Total	41	169,032			
Média Geral	4,360				
Coeficiente de Variação	33,80%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela formula:  $SQRT(1 + Vx)$

## 2.5 Matéria seca total e quantidades totais de macronutrients na serapilheira

TABELA 2.5.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA MATÉRIA SECA TOTAL – MS TOTAL

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	8287791,7	8287791,7	20,814	0,0007
Repetições	12	4778090,7	398174,2		
Total	13	13065882,4			
Média Geral	7859,764				
Coeficiente de Variação	8,03%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.5.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES TOTAIS DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA TOTAL DA SERAPILHEIRA - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	451,447	451,447	3,065	0,1055
Repetições	12	1767,231	147,269		
Total	13	2218,678			
Média Geral	114,674				
Coeficiente de Variação	10,58%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.5.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES TOTAIS DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA TOTAL DA SERAPILHEIRA - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	12,960	12,960	7,384	0,0187
Repetições	12	21,062	1,755		
Total	13	34,022			
Média Geral	8,409				
Coeficiente de Variação	15,75%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.5.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES TOTAIS DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA TOTAL DA SERAPILHEIRA - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	14,956	14,956	4,615	0,0528
Repetições	12	38,891	3,241		
Total	13	53,847			
Média Geral	8,536				
Coefficiente de Variação	21,09%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.5.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES TOTAIS DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA TOTAL DA SERAPILHEIRA - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	0,850	0,850	0,011	
Repetições	12	967,997	80,666		
Total	13				
Média Geral	53,476				
Coefficiente de Variação	16,80%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.5.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES TOTAIS DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA TOTAL DA SERAPILHEIRA - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	33,915	33,915	7,704	0,0168
Repetições	12	52,824	4,402		
Total	13	86,738			
Média Geral	13,082				
Coefficiente de Variação	16,04%				

FONTE: O Autor (2009).

## 2.6 Teores de macronutrientes na biomassa da colheita da erva-mate

TABELA 2.6.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	862,114	431,057	46,918	0,0000
Repetições	18	165,375	9,187		
Total	20	1027,489			
Média Geral	10,079				
Coefficiente de Variação	30,07%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.6.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	2,570	1,285	338,248	0,0000
Repetições	18	0,068	0,004		
Total	20	2,638			
Média Geral	0,738				
Coefficiente de Variação	8,36%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.6.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	140,905	70,452	47,922	0,0000
Repetições	18	26,463	1,470		
Total	20	167,367			
Média Geral	9,608				
Coeficiente de Variação	12,62%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.6.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	50,921	25,461	62,512	0,0000
Repetições	18	7,331	0,407		
Total	20	58,253			
Média Geral	3,970				
Coeficiente de Variação	16,08%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: Ln (Vx)

TABELA 2.6.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	44,810	22,405	18,341	0,0000
Repetições	18	21,988	1,222		
Total	20	66,798			
Média Geral	2,450				
Coeficiente de Variação	45,10%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: ATAN (Vx)

## 2.7 Materia seca e quantidades de macronutrientes na colheita da erva-mate

TABELA 2.7.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA MATÉRIA SECA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - MS

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	155804,46	77902,230	7,353	0,0046
Repetições	18	190701,61	10594,534		
Total	20	346506,07			
Média Geral	391,451				
Coeficiente de Variação	26,29%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	204,290	102,145	42,278	0,0000
Repetições	18	43,488	2,416		
Total	20	247,778			
Média Geral	4,089				
Coeficiente de Variação	38,02%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	0,673	0,336	46,246	0,0000
Repetições	18	0,131	0,007		
Total	20	0,803			
Média Geral	0,297				
Coefficiente de Variação	28,70%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: ATAN (Vx)

TABELA 2.7.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	43,203	21,602	25,967	0,0000
Repetições	18	14,974	0,832		
Total	20	58,178			
Média Geral	3,731				
Coefficiente de Variação	24,45%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	10,665	5,333	16,678	0,0001
Repetições	18	5,755	0,320		
Total	20	16,421			
Média Geral	1,515				
Coefficiente de Variação	37,32%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: ATAN (Vx)

TABELA 2.7.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	11,714	5,857	10,485	0,0010
Repetições	18	10,055	0,559		
Total	20	21,769			
Média Geral	1,028				
Coefficiente de Variação	72,73%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: ATAN (Vx)

## 2.8 Teores de macronutrientes na biomassa da roçada da regeneração natural do SAF

TABELA 2.8.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA ROÇADA DA REGENERAÇÃO NATURAL - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	363,223	363,223	47,138	0,0000
Repetições	12	92,466	7,706		
Total	13	455,689			
Média Geral	12,838				
Coeficiente de Variação	21,62%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.8.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	1,010	1,010	21,774	0,0005
Repetições	12	0,557	0,046		
Total	13	1,566			
Média Geral	1,101				
Coeficiente de Variação	19,55%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.8.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	19,071	19,071	3,113	0,1031
Repetições	12	73,511	6,126		
Total	13	92,582			
Média Geral	12,746				
Coeficiente de Variação	19,42%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.8.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	59,122	59,122	10,298	0,0075
Repetições	12	68,894	5,741		
Total	13	128,016			
Média Geral	7,052				
Coeficiente de Variação	33,98%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	1,902	1,902	12,339	0,0043
Repetições	12	1,850	0,154		
Total	13	3,751			
Média Geral	1,660				
Coeficiente de Variação	23,65%				

FONTE: O Autor (2009).

## 2.9 Materia seca e quantidades de macronutrientes na biomassa da roçada da regeneração natural do SAF

TABELA 2.9.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA MATÉRIA SECA NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ROÇADA DA REGENERAÇÃO NATURAL - MS

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	17,794,343	17,794,343	0,281	
Repetições	12	761,249,306	63,437,442		
Total	13	779,043,649			
Média Geral		1,007,364			
Coeficiente de Variação		25,00 %			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA ROÇADA NATURAL - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	439,600	439,600	27,261	0,0002
Repetições	12	193,508	16,126		
Total	13	633,108			
Média Geral		13,169			
Coeficiente de Variação		30,49%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA ROÇADA NATURAL - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	1,302	1,302	10,276	0,0076
Repetições	12	1,521	0,217		
Total	13	2,283			
Média Geral		1,124			
Coeficiente de Variação		31,68 %			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA ROÇADA NATURAL - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	33,570	33,570	1,459	0,2504
Repetições	12	276,100	23,008		
Total	13	309,670			
Média Geral		13,071			
Coeficiente de Variação		36,70%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA ROÇADA NATURAL - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	33,570	33,570	1,459	0,2504
Repetições	12	276,100	23,008		
Total	13	309,670			
Média Geral		7,113			
Coeficiente de Variação		33,04%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA ROÇADA NATURAL - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	2,145	2,145	4,528	0,0547
Repetições	12	5,684	0,474		
Total	13	7,829			
Média Geral	1,716				
Coeficiente de Variação	40,11%				

FONTE: O Autor (2009).

### ANEXO 3 – DENSIDADE DE ESPÉCIES POR ESTRATO

TABELA 3.1 – NOME CIENTÍFICO, FAMÍLIA, DENSIDADE TOTAL E DENSIDADE NOS ESTRATOS DE ESPÉCIES ENCONTRADAS EM SISTEMA AGRIFLORESTAL COM ERVA-MATE.

Nº	Nome científico	Família	Densidade Total	Densidade nos Estratos		
				Inferior	Intermediário	Dossel
1	<i>Allophylus edulis</i>	Sapindaceae	38,10	19,05	19,05	0,00
2	<i>Aniba firmula</i>	Lauraceae	76,19	0,00	19,05	57,14
3	<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucariaceae	6,35	0,00	0,00	6,35
4	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	25,40	12,70	12,70	0,00
5	<i>Clethra scabra</i>	Clethraceae	247,62	6,35	57,14	184,13
6	<i>Drymis brasiliensis</i>	Winteraceae	6,35	6,35	0,00	0,00
7	<i>Eugenia pyriformis</i>	Myrtaceae	6,35	6,35	0,00	0,00
8	<i>Ilex brevicuspis</i>	Aquifoliaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
9	<i>Ilex dumosa</i>	Aquifoliaceae	44,44	6,35	31,75	6,35
10	<i>Ilex theezans</i>	Aquifoliaceae	19,05	6,35	6,35	6,35
11	<i>Jacaranda micrantha</i>	Bignoniaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
12	<i>Lamanonia speciosa</i>	Cunoniaceae	50,79	6,35	31,75	12,70
13	<i>Matayba elaeagnoides</i>	Sapindaceae	6,35	6,35	0,00	0,00
14	<i>Mimosa scabrella</i>	Leguminosae	12,70	0,00	0,00	12,70
15	Morta	Mortacea	44,44	44,44	0,00	0,00
16	<i>Myrceugenia miersiana</i>	Myrtaceae	6,35	6,35	0,00	0,00
17	<i>Nectandra megapotamica</i>	Lauraceae	31,75	0,00	19,05	12,70
18	<i>Ocotea bicolor</i>	Lauraceae	25,40	0,00	12,70	12,70
19	<i>Ocotea porosa</i>	Lauraceae	57,14	12,70	25,40	19,05
20	<i>Ocotea puberula</i>	Lauraceae	38,10	0,00	6,35	31,75
21	<i>Piptocarpha angustifolia</i>	Asteraceae	6,35	0,00	6,35	0,00
22	<i>Psidium cattleianum</i>	Myrtaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
23	<i>Roupala montana</i>	Proteaceae	25,40	0,00	19,05	6,35
24	<i>Sapium glandulatum</i>	Euphorbiaceae	12,70	6,35	0,00	6,35
25	<i>Sebastiania commersoniana</i>	Euphorbiaceae	50,79	0,00	44,44	6,35
26	<i>Solanum mauritianum</i>	Solanaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
27	<i>Solanum pseudo-quina</i>	Solanaceae	12,70	0,00	12,70	0,00
28	<i>Styrax leprosum</i>	Styracaceae	63,49	0,00	19,05	44,44
29	<i>Symplocos tenuifolia</i>	Symplocaceae	19,05	6,35	12,70	0,00
30	<i>Symplocos tetrandra</i>	Symplocaceae	12,70	0,00	6,35	6,35
31	<i>Vernonanthura discolor</i>	Asteraceae	6,35	0,00	6,35	0,00
Total			977,78	152,38	393,65	431,75

FONTE: O autor (2009).

TABELA 3.2 – NOME CIENTÍFICO, FAMÍLIA, DENSIDADE TOTAL E DENSIDADE NOS ESTRATOS DE ESPÉCIES ENCONTRADAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Nº	Nome científico	Familia	Densidade Total	Densidade nos Estratos		
				Inferior	Intermediário	Dossel
1	<i>Allophylus edulis</i>	Sapindaceae	19,05	6,35	6,35	6,35
2	<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucariaceae	25,40	6,35	6,35	12,70
3	<i>Baccharis oreophila</i>	Asteraceae	12,70	0,00	12,70	0,00
4	<i>Casearia decandra</i>	Flacourtiaceae	44,44	6,35	19,05	19,05
5	<i>Casearia obliqua</i>	Flacourtiaceae	44,44	6,35	31,75	6,35
6	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	38,10	6,35	0,00	31,75
7	<i>Celtis iguanaeus</i>	Ulmaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
8	<i>Cinnamodendron dinissii</i>	Canellaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
9	<i>Clethra scabra</i>	Clethraceae	44,44	25,40	19,05	0,00
10	<i>Ilex dumosa</i>	Aquifoliaceae	12,70	6,35	6,35	0,00
11	<i>Ilex paraguariensis</i>	Aquifoliaceae	114,29	88,89	19,05	6,35
12	<i>Ilex theezans</i>	Aquifoliaceae	6,35	6,35	0,00	0,00
13	<i>Lamanonia speciosa</i>	Cunoniaceae	19,05	0,00	6,35	12,70
14	<i>Matayba eleagnoides</i>	Sapindaceae	19,05	6,35	12,70	0,00
15	Morta	Morta	44,44	25,40	19,05	0,00
16	<i>Myrceugenia miersiana</i>	Myrtaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
17	<i>Myrcia rostrata</i>	Myrtaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
18	<i>Nectandra lanceolata</i>	Lauraceae	6,35	0,00	6,35	0,00
19	<i>Ocotea bicolor</i>	Lauraceae	12,70	6,35	6,35	0,00
20	<i>Ocotea porosa</i>	Lauraceae	19,05	0,00	19,05	0,00
21	<i>Ocotea puberula</i>	Lauraceae	44,44	12,70	12,70	19,05
22	<i>Picramnia excelsa</i>	Simaroubaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
23	<i>Piptocarpa axillaris</i>	Asteraceae	25,40	0,00	12,70	12,70
24	<i>Pitocarpa angustifolia</i>	Asteraceae	184,13	38,10	76,19	69,84
25	<i>Rollinia emarginata</i>	Annonaceae	19,05	6,35	12,70	0,00
26	<i>Sapium glandulatum</i>	Proteaceae	12,70	6,35	6,35	0,00
27	<i>Solanum pseudo-quina</i>	Solanaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
28	<i>Solanum sanctae-katharinae</i>	Solanaceae	6,35	6,35	0,00	0,00
29	<i>Styrax leprosum</i>	Styracaceae	63,49	19,05	19,05	25,40
30	<i>Symphyopappus compressus</i>	Asteraceae	38,10	0,00	12,70	25,40
31	<i>Vernonanthura discolor</i>	Asteraceae	63,49	0,00	12,70	50,79
32	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	6,35	6,35	0,00	0,00
Total			984,13	292,06	393,65	298,41

FONTE: O Autor (2006).

## ANEXO 4 – MÉDIAS DAS VARIÁVEIS ANALISADAS

TABELA 4.1 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Identificação	.....gkg <sup>-1</sup> .....					
	N	P	K	Ca	Mg	
Sistema						
SAF	14,90	1,03	1,36	7,52	1,63	
FOM	15,29	1,19	1,01	6,48	1,82	
Fração						
Folhas	17,62	1,24	1,63	7,48	2,16	
Miscelânea	17,46	1,31	1,03	7,42	1,72	
Ramos	10,20	0,78	0,90	6,09	1,28	
Sistema x Fração						
SAF	Folhas	16,74	1,12	1,87	7,81	2,18
	Miscelânea	17,82	1,19	1,10	7,85	1,58
	Ramos	10,13	0,79	1,11	6,89	1,12
FOM	Folhas	18,49	1,37	1,39	7,15	2,13
	Miscelânea	17,10	1,43	0,95	6,98	1,87
	Ramos	10,26	0,78	0,69	5,30	1,44

FONTE: O autor (2009).

TABELA 4.2 - MÉDIAS DE MATÉRIA SECA (MS) E MACRONUTRIENTES (kgha<sup>-1</sup>) EM FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Identificação	MS (kgha <sup>-1</sup> )	.....kgha <sup>-1</sup> .....					
		N	P	K	Ca	Mg	
Sistema							
SAF	2.363,45	36,33	2,48	3,19	17,91	3,84	
FOM	2.876,39	40,12	3,12	2,50	17,74	4,88	
Fração							
Folhas	1.661,61	28,90	2,01	2,81	12,69	3,60	
Miscelânea	3.037,39	53,19	3,96	3,08	22,63	5,21	
Ramos	3.160,77	32,59	2,44	2,64	18,16	4,27	
Sistema x Fração							
SAF	Folhas	2.107,08	35,40	2,34	3,98	16,61	4,59
	Miscelânea	3.052,87	54,51	3,62	3,38	24,03	4,82
	Ramos	1.930,40	19,08	1,48	2,21	13,08	2,12
	Total	7.090,36	109,00	7,45	9,57	53,72	11,52
FOM	Folhas	1.216,13	22,39	1,69	1,64	8,77	2,61
	Miscelânea	3.021,90	51,86	4,29	2,79	21,22	5,59
	Ramos	4.391,14	46,10	3,40	3,07	23,24	6,43
	Total	8.629,17	120,35	9,37	7,50	53,23	14,64

FONTE: O autor (2009).

TABELA 4.3 – ATRIBUTOS QUÍMICOS EM TRÊS PROFUNDIDADES DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Identificação	pH		Al <sup>3</sup>	H + Al	CTC <sub>a pH 7</sub>	
	CaCl <sub>2</sub>	SMP	.....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....			
Sistema						
SAF	3,90	4,59	3,21	14,70	17,51	
FOM	3,87	4,54	3,42	15,07	17,18	
Profundidade						
0 a 5	3,86	4,54	3,13	15,10	18,61	
5 a 10	3,86	4,54	3,52	14,75	16,95	
10 a 20	3,93	4,61	3,31	14,80	16,48	
Sistema x Profundidade						
SAF	0 a 5	3,89	4,57	2,94	14,47	18,67
	5 a 10	3,87	4,54	3,50	14,76	17,20
	10 a 20	3,93	4,66	3,20	14,86	16,67
FOM	0 a 5	3,83	4,50	3,31	15,73	18,54
	5 a 10	3,86	4,54	3,54	14,74	16,69
	10 a 20	3,93	4,57	3,41	14,74	16,30
Identificação	SB	V	m	C	MOS (C*0,58)	
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	.....%.....		gdm <sup>-3</sup>	gdm <sup>-3</sup>	
Sistema						
SAF	2,82	16,05	54,81	34,49	20,00	
FOM	2,11	12,24	62,24	36,64	21,25	
Profundidade						
0 a 5	3,51	19,00	47,86	41,88	24,29	
5 a 10	2,20	13,07	61,57	35,61	20,66	
10 a 20	1,68	10,36	66,14	29,21	16,94	
Sistema x Profundidade						
SAF	0 a 5	4,20	22,71	41,71	40,06	23,23
	5 a 10	2,45	14,43	58,57	34,46	19,99
	10 a 20	1,81	11,00	64,14	28,96	16,80
FOM	0 a 5	2,81	15,29	54,00	43,70	25,35
	5 a 10	1,95	11,71	64,57	36,77	21,33
	10 a 20	1,55	9,71	68,14	29,46	17,09
Identificação	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	
	gkg <sup>-1</sup>	mgdm <sup>-3</sup>	.....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....			
Sistema						
SAF	3,52	2,02	0,27	1,46	1,09	
FOM	3,03	2,38	0,18	1,02	0,90	
Profundidade						
0 a 5	4,42	3,20	0,34	1,76	1,41	
5 a 10	2,90	2,11	0,21	1,08	0,91	
10 a 20	2,51	1,29	0,14	0,88	0,66	
Sistema x Profundidade						
SAF	0 a 5	4,78	2,77	0,42	2,16	1,63
	5 a 10	3,24	2,07	0,25	1,20	1,00
	10 a 20	2,54	1,23	0,15	1,01	0,64
FOM	0 a 5	4,06	3,63	0,26	1,37	1,19
	5 a 10	2,56	2,16	0,16	0,96	0,83
	10 a 20	2,48	1,36	0,13	0,74	0,69

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 4.4 - GRANULOMETRIA DO SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Identificação	Areia gkg <sup>-1</sup>	Silte gkg <sup>-1</sup>	Argila gkg <sup>-1</sup>	
Sistema				
SAF	50,4	255,8	693,8	
Floresta	86,2	292,4	621,4	
Profundidade				
0 a 5	69,4	295,9	634,7	
5 a 10	71,0	283,3	645,7	
10 a 20	64,5	243,1	692,4	
Sistema x Profundidade				
SAF	0 a 5	52,2	255,0	692,9
	5 a 10	49,1	275,2	675,7
	10 a 20	49,8	237,3	712,9
FOM	0 a 5	86,5	336,9	576,6
	5 a 10	92,9	291,4	615,7
	10 a 20	79,2	248,8	672,0

FONTE: O autor (2009).

TABELA 4.5 - POROSIDADE E DENSIDADE DO SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Identificação	Macro – porosidade m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Micro- porosidade m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Porosidade Total m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Densidade de Partícula kgdm <sup>-3</sup>	Densidade do solo kgdm <sup>-3</sup>	
Sistema						
SAF	0,32	0,36	0,68	2,55	0,81	
Floresta	0,29	0,40	0,69	2,57	0,79	
Profundidade						
0 a 5	0,38	0,36	0,73	2,50	0,66	
5 a 10	0,31	0,37	0,67	2,57	0,83	
10 a 20	0,24	0,41	0,65	2,62	0,90	
Sistema x Profundidade						
SAF	0 a 5	0,41	0,33	0,74	2,51	0,67
	5 a 10	0,32	0,35	0,67	2,55	0,84
	10 a 20	0,24	0,41	0,65	2,60	0,91
FOM	0 a 5	0,34	0,39	0,74	2,48	0,66
	5 a 10	0,30	0,38	0,68	2,58	0,83
	10 a 20	0,24	0,42	0,65	2,63	0,9

FONTE: O autor (2009).

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Santos, Sandra Cristina Lins dos

Avaliação comparativa entre sistema agroflorestal com erva-mate e fragmento de Floresta Ombrófila Mista quanto à fitossociologia, parâmetros químicos e físicos do solo e ciclagem de nutrientes / Sandra Cristina Lins dos Santos. – Curitiba, 2009.

1 recurso online: PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Orientadora: Celina Wisniewski

Coorientador: Carlos Bruno Reissmann

1. Erva-mate. 2. Sistema agroflorestal. 3. Serapilheira. 4. Solos florestais. I. Wisniewski, Celina. II. Reissmann, Carlos Bruno. III. Universidade Federal do Paraná. Programa Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)  
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648  
Página: [www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/](http://www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/)  
E-mail: [pgcsolo@ufpr.br](mailto:pgcsolo@ufpr.br)

## PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata SANDRA CRISTINA LINS DOS SANTOS, sob o título: "**Avaliação comparativa entre sistema agroflorestal com erva-mate e fragmento de Floresta Ombrófila Mista quanto a fitossociologia, parâmetros químicos e físicos do solo e ciclagem de nutrientes**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido a candidata, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Qualidade e Sustentabilidade Ambiental"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 31 de julho de 2009.

Profª. Drª. Celina Wisniewski, Presidente.

Engenheira Agrônoma Dra. Maria Izabel Radonski, Iª. Examinadora.

Profª. Drª. Fabiane Machado Vezzani, IIª. Examinadora.



À Família Rosa,  
pelo exemplo de fé e atitude  
na construção de uma sociedade mais justa e  
de agroecossistemas mais sustentáveis.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje e em especial neste momento, àquelas que me ajudaram na realização deste trabalho.

À Celina Wisniewski pela orientação, mas sobretudo, pelo exemplo de pessoa humana e profissional. E ao meu Co-orientador Carlos Bruno Reissmann por toda a atenção dispensada.

Aos professores, dos Programas de Pós-Graduação em Ciência do Solo e de Engenharia Florestal pela oportunidade de acessar novas informações, mas principalmente, pelo desafio de construir novos conhecimentos. E aos professores responsáveis pelos Laboratórios de Física do Solo, de Fertilidade do Solo e de Biogeoquímica e Nutrição Mineral de Plantas pela compreensão diante da minha necessidade de utilizar estes espaços em horários alternativos ao expediente.

Aos meus maravilhosos amigos e amigas pela grande torcida que tanto me estimulou. E à Milena de Oliveira Werneck de Capistrano, à Bianca Ott Andrade, ao Vagner Lopes, ao Cesar Daniel Riveiros Reyes e à Tatiane Semchechem Lins que, além de torcer, me ajudaram nas etapas de laboratório.

Ao Anísio Francisco da Rosa e Jesse da Rosa por compartilharem seus conhecimentos a respeito do Sistema Agroflorestal com erva-mate, pela contribuição na definição dos objetivos do presente trabalho, pelo empenho na instalação do experimento e coletas a campo.

Aos meus pais Nery Lins dos Santos e Augusto Gonçalves dos Santos e aos meus irmãos Celso Roberto Lins dos Santos e Jane Regina Lins dos Santos pelo apoio, estímulo e amor incondicional.

Aos meus amados e adoráveis sobrinhos Lucas Henrique Lins Monteiro, Gabriela Novalkoski da Rosa, Luana Pereira Lins dos Santos e Davi Francisco da Rosa por serem minhas fontes de inspiração e de crença em um futuro melhor.

Agradeço ao meu companheiro Olcimar da Rosa pela imensa contribuição em todas as etapas deste estudo. Sua paciência, palavras de amor e sinceridade trouxeram conforto, estímulo e reflexões valiosas. Seu apoio qualificou este trabalho e me ajudou a crescer como pessoa.

## **Eu só peço a Deus**

Eu só peço a Deus  
Que a dor não me seja indiferente  
Que a morte não me encontre um dia  
Solitário sem ter feito o q'eu queria

Eu só peço a Deus  
Que a injustiça não me seja indiferente  
Pois não posso dar a outra face  
Se já fui machucada brutalmente

Eu só peço a Deus  
Que a guerra não me seja indiferente  
É um monstro grande e pisa forte  
Toda fome e inocência dessa gente

Eu só peço a Deus  
Que a mentira não me seja indiferente  
Se um só traidor tem mais poder que um povo  
Que este povo não esqueça facilmente

Eu só peço a Deus  
Que o futuro não me seja indiferente  
Sem ter que fugir desenganando  
Pra viver uma cultura diferente

Letra em espanhol:

León Gieco

Interpretação em português:

Beth Carvalho e Mercedes Sosa (*In memoriam*)

## RESUMO

Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) podem combinar altas produtividades a conservação dos recursos naturais. No centro-sul e sudeste do Paraná existem Sistemas Agroflorestais com erva-mate (*Ilex paraguariensis*), não havendo sistematização adequada das experiências. Este trabalho objetivou avaliar a fitossociologia, parâmetros químicos e físicos do solo e a ciclagem de nutrientes de um SAF com erva-mate, tendo como referência um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Secundária. As parcelas com área de 225 m<sup>2</sup> foram alocadas sobre Cambissolos Háplicos em relevo ondulado, sendo 7 em cada área de estudo. O levantamento fitossociológico considerou indivíduos com perímetros à altura do peito > ou = 15 cm. Procedeu-se a colheita da erva-mate em junho de 2008, sendo as amostras fracionadas em folhas, ramos finos e ramos grossos. Utilizando-se gabarito de 0,25 m<sup>2</sup> coletaram-se amostras da biomassa da regeneração natural, dividindo-se em folhas e ramos. Nos mesmos pontos coletou-se a serapilheira acumulada sobre o solo, fracionando-se em folhas, miscelânea e ramos. Dos tecidos vegetais foram obtidos os teores e as quantidades de N, P, K, Ca e Mg. Dos solos analisou-se: granulometria, porosidade, densidade, pH, Al<sup>3+</sup>, H+Al, SB, CTC<sub>a pH 7</sub>, V%, m%, MOS, N, P, K, Ca e Mg nas profundidades 0 – 5, 5 - 10 e 10 – 20 cm. Foram realizados o teste de Bartlett, a análise de variância e o teste de Tukey (p<0,05). O raleamento e a retirada da taquara (*Merostachys multiramea*) para a implantação do SAF diminuiu a diversidade no dossel, favorecendo o adensamento e a diversificação do estrato inferior. As florísticas das áreas apresentaram similaridade média. No SAF a *Piptocarpha angustifolia* (Asteraceae) apresentou maior valor de importância (VI), seguida pela erva-mate, favorecida pelo manejo. No Fragmento Florestal a *Clethra scabra* (Clethraceae) apresentou maior VI, seguida da *Aniba firmula* (Lauraceae). Ambos os sistemas foram classificados em estágio médio de regeneração (Capoeirão). A roçada da regeneração natural no SAF favoreceu espécies de interesse e adicionou quantidade e qualidade à serapilheira. O SAF apresentou maior acúmulo de folhas na serapilheira, embora sem diferenças estatísticas. O Fragmento Florestal apresentou maior acúmulo de ramos sobre o solo, diferindo significativamente do SAF. Os teores de N, P, Ca e Mg na serapilheira acumulada não apresentaram diferenças significativas entre os sistemas. As maiores quantidades destes nutrientes foram observadas no Fragmento de FOM, sendo diferente significativamente do SAF para P e Mg. Os teores e quantidades de K encontrados na serapilheira acumulada foram significativamente superiores no SAF. As quantidades de macronutrientes exportados pela colheita da erva-mate foram menores que as adicionadas pela roçada da regeneração. Os solos dos sistemas apresentaram altos teores de argila e MOS, baixas densidades, alta porosidade, acentuada acidez, alta saturação por Al e baixa saturação de bases. As maiores médias de N, K, Ca, Mg, SB e V% foram observadas nas camadas superficiais do solo do SAF, diferindo significativamente do Fragmento Florestal para K, Mg, SB e V%. O K apresentou diferenças significativas também na camada 5 a 10 cm. Os teores de P foram estatisticamente superiores na camada superficial do Fragmento Florestal.

Palavras-chaves: *Ilex paraguariensis*, serapilheira, exportação de nutrientes

## ABSTRACT

The Agro Forest Systems (AFSs) can be highly productive and at same time sustainable. In the Parana center south and south-west region there are agro forestry systems with *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae), but do not have any appropriate systematization of this experiences. This search, had like objective to evaluate the phytosociology, soil chemical and physical parameters and nutrients cycling of a AFS with *Ilex paraguariensis* having like comparative reference a remaining forest anthropogenic disturbance in Bituruna County, Parana State, Brazil. Were placed seven experimental plots with 225 m<sup>2</sup> in each area of study. The soils was classified like Cambissolos Haplicos in wavy relief. The phytosociology survey considered units of trees with diameter at breast height equal or larger than 15 cm. The *Ilex paraguariensis* harvest was made at June 2008. The wet weight was obtained in the field, the samples were withdrawn and fractionated in sheets, thin branches and thick branches. Using a template measuring 0,25 m<sup>2</sup>, biomass samples of natural regeneration were random collected, the samples were fractioned in sheets and branches. In the same points were collected the litter accumulated on the soil, in this case the samples were divided in miscellaneous sheets and branches. Were obtained the tenors and the quantities of N, P, K, Ca, Mg from collected samples. The soil analyses were: granulometric, porosity, density, pH, Al<sup>+3</sup>, H+Al, SB, CTC<sub>a</sub> pH 7, V%, m%, M.O, N, P, K, Ca and Mg in the soil layers 0 – 5, 5 – 10 and 10 – 20 cm. Were realized the variance analysis, Bartlett test and Tukey test (5% of probability). The *Merostachys multiramea* removing, to the AFSs implantation decreased the canopy diversity and favouring the densification and the diversification of inferior stratum. The AFS floristic and forest fragment floristic presented medium similarity. In the AFS, the *Piptocarpha angustifolia* (Asteraceae) showed the larger value of importance (VI) followed by the *I. paraguariensis* favored by the management. In the forest fragment, the *Clethra scabra* (Clethraceae) showed larger value (VI) followed by *Aniba firmula* (Lauraceae). Both systems were classified in medium stage of regeneration. The selective mowing made in the AFS favored the species of interest and added quality and quantity for litter. The AFS presented larger accumulation of sheets on the soil litter, however without significant statistic differences. The forest fragment presented branches accumulation larger, differing significantly from AFS. The levels of N, P, Ca e Mg had no significant differences among the systems. The lagers quantities of these nutrients were observed in the forest fragment, differing significantly from AFS for P and Mg. The levels and quantities of K found on the litter were significantly higher in the AFS. The exporting of macro nutrients by the *I. paraguariensis* harvest being lowest than the added by the cut of regeneration. The soils of the two systems presented good physical characteristics to the plant development. The soil were highly acids and with high saturation in aluminum and low saturation of bases. The larges averages of N, K, Ca, Mg, SB e V% were observed in the soil superficial layers of AFS, differing significantly from the forest fragment for K, Mg, SB e V%. The k showed significant differences also in the layer 5-10 cm. The levels of P were statistically highest in the superficial layer of forest fragment. The systems soils differences are related to the quantities and quality of the litter accumulated.

Keywords: *Ilex paraguariensis*, litter, nutrients exportation.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES FITOGEOGRÁFICAS MAIS REPRESENTATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ .....	18
FIGURA 2 - REMANESCENTES FLORESTAIS NO ESTADO DO PARANÁ NO ANO DE 1998.....	19
FIGURA 3 - ESTRUTURA DO SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (MUDAS PLANTADAS) .....	34
FIGURA 4 - ESTRUTURA DO SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (ÁRVORES NATIVAS) .....	34
FIGURA 5 - NÚMERO DE DE ESPÉCIES EM TRÊS ESTRATOS DE SISTEMA AGROFLORESTAL E EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	47
FIGURA 6 - DENSIDADE TOTAL DE ESPÉCIES E DENSIDADE DE ESTRATOS DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	48
FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO EM CLASSES DIAMÉTRICAS DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM) .....	47
FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO EM CLASSES DE ALTURA DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	49

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RELAÇÃO DE FAMÍLIAS, ESPÉCIES, NOMES COMUNS E GRUPOS ECOLÓGICOS PRESENTES EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	42
TABELA 2 - NÚMERO DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS (N), DENSIDADE ABSOLUTA (DA), DENSIDADE RELATIVA (DR), DOMINÂNCIA ABSOLUTA (DoA), DOMINÂNCIA RELATIVA (DoR), FREQUÊNCIA ABSOLUTA (FA), FREQUÊNCIA RELATIVA (FR), VALOR DE IMPORTÂNCIA (VI) E VALOR DE COBERTURA (VC) DE ESPÉCIES AMOSTRADAS EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA MATE.....	45
TABELA 3 - NÚMERO DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS (N), DENSIDADE ABSOLUTA (DA), DENSIDADE RELATIVA (DR), DOMINÂNCIA ABSOLUTA (DoA), DOMINÂNCIA RELATIVA (DoR), FREQUÊNCIA ABSOLUTA (FA), FREQUÊNCIA RELATIVA (FR), VALOR DE IMPORTÂNCIA (VI) E VALOR DE COBERTURA (VC) DE ESPÉCIES ENCONTRADAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA.....	46
TABELA 4 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DA REGENERAÇÃO NATURAL DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE.....	51
TABELA 5 - MÉDIAS DE MATÉRIA SECA E MACRONUTRIENTES (kg $ha^{-1}$ ) EM FRAÇÕES E NO TOTAL DA REGENERAÇÃO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE .....	52
TABELA 6 - MÉDIAS DE MATÉRIA SECA TOTAIS E DE FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	52
TABELA 7 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO (MÉDIAS DOS SISTEMAS AVALIADOS) .....	54
TABELA 8 - TEORES MÉDIOS DE POTÁSSIO EM FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	55

TABELA 9 - QUANTIDADES DE NITROGÊNIO (N) E FÓSFORO (P) EM (kg $\text{ha}^{-1}$ ) EM FRAÇÕES E NO TOTAL DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	56
TABELA 10 - MASSA VERDE (kg $\text{ha}^{-1}$ ) TOTAL E DE FRAÇÕES DA COLHEITA DE ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL.....	58
TABELA 11 - MÉDIAS DE MATÉRIA TOTAL E DE FRAÇÕES EM COLHEITA DE ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL.....	59
TABELA 12 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DA COLHEITA DA ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL....	60
TABELA 13 - QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES (kg $\text{ha}^{-1}$ ), EM FRAÇÕES ENO TOTAL DA COLHEITA DE ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL.....	61
TABELA 14 - TEORES MÉDIOS DE AREIA, SILTE E ARGILA EM SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE - SAF E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA – FOM (MÉDIAS DAS PROFUNDIDADES 0 A 5, 5 A 10 E 10 A 20 cm) .....	62
TABELA 15 - MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MOS), DENSIDADE DE PARTÍCULA, DENSIDADE DO SOLO E POROSIDADE TOTAL EM TRÊS PROFUNDIDADES DO SOLO (MÉDIAS DOS SISTEMAS AVALIADOS) .....	63
TABELA 16 - MACRO E MICROPOROSIDADE EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLOS SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	65
TABELA 17 - MÉDIAS DE pH, TEORES DE ALUMÍNIO ( $\text{Al}^{3+}$ ), ACIDEZ POTENCIAL (H + AL) E CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA A pH 7 ( $\text{CTC}_{\text{a pH } 7}$ ) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	66
TABELA 18 - TEORES MÉDIOS DE CÁLCIO ( $\text{Ca}^{+2}$ ), NITROGÊNIO (N) E SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO (m%) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO (MÉDIA DOS SISTEMAS AVALIADOS) .....	67
TABELA 19 - TEORES DE FÓSFORO (P), POTÁSSIO (K) E MAGNÉSIO (Mg) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTA COM ERVA-MATE (SAF) E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	67

TABELA 20 - MÉDIAS DE SOMA DE BASES (SB) E SATURAÇÃO DE BASES (V%) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM).....	70
TABELA 21 - ESTOQUES DE N TOTAL, P DISPONÍVEL E Ca E Mg EXTRAÍVEL EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM) .....	70
TABELA 22 - QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES PRESENTES NO SOLO, NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, NA BIOMASSA DA REGENERAÇÃO NATURAL E NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF).....	71

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>16</b>
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
3.1	FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM) .....	17
3.1.1	Áreas de ocorrência natural e de remanescentes da FOM .....	17
3.1.2	Fitossociologia de FOM .....	20
3.2	SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF'S).....	22
3.3	ERVA-MATE E OS SAF'S.....	23
3.3.1	Características da espécie .....	23
3.3.2	SAF's com erva-mate .....	27
3.4	CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ECOSISTEMAS FLORESTAIS E AGROFLORESTAIS.....	28
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>31</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO .....	31
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA AGROFLORESTAL A SER ESTUDADO	32
4.2.1	Localização e histórico da área experimental .....	32
4.2.2	Principais intervenções realizadas para implantação e manejo do SAF.....	32
4.3	LOCALIZAÇÃO, TAMANHO E NÚMERO DE PARCELAS.....	35
4.4	METODOLOGIA DOS LEVANTAMENTOS E ANÁLISES.....	35
4.4.1	Fitossociologia .....	35
4.4.2	Química e física do Solo .....	37
4.4.3	Tecido vegetal: regeneração natural, serapilheira acumulada e erva-mate ...	39
4.4.4	Análises estatísticas .....	40
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>42</b>
5.1	FITOSSOCIOLOGIA.....	42
5.2	REGENERAÇÃO NATURAL .....	51
5.3	SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO .....	53
5.4	COLHEITA DA ERVA-MATE .....	58
5.4.1	Produtividade do erval .....	58
5.4.2	Matéria seca, teor e quantidades de macronutrientes da erva-mate.....	59
5.5	FÍSICA DOS SOLOS.....	62

5.6	QUÍMICA DOS SOLOS.....	66
5.7	QUANTIDADES DE NUTRIENTES NO SOLO, NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, NA REGENERAÇÃO NATURAL ROÇADA E NAS FOLHAS E RAMOS DA ERVA-MATE .....	70
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>73</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>76</b>
	<b>ANEXO 1 - CÁLCULO DOS ESTOQUES DE MACRONUTRIENTES NOS SOLOS .....</b>	<b>85</b>
	<b>ANEXO 2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA .....</b>	<b>86</b>
	<b>ANEXO 3 – DENSIDADE DE ESPÉCIES POR ESTRATO .....</b>	<b>101</b>
	<b>ANEXO 4 – MÉDIAS DAS VARIÁVEIS ANALISADAS .....</b>	<b>103</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura do futuro deve ser tanto sustentável quanto altamente produtiva, o que requer uma nova abordagem que valorize aspectos conservacionistas da agricultura tradicional<sup>1</sup> local e ao mesmo tempo utilize-se de conhecimentos e métodos ecológicos modernos (Gliessman, 2005).

Neste sentido, os sistemas agroflorestais baseados na sucessão natural mostraram-se eficazes para recuperar áreas degradadas, integrando produção e conservação, além de contribuir para a recuperação, manutenção e melhoria da qualidade dos recursos naturais (Peneireiro, 1999).

No ano de 1998, grupos organizados de agricultores das regiões centro-sul e sudeste do Paraná, estimulados por um projeto coordenado pela AS-PTA<sup>2</sup>, iniciaram uma discussão sobre a necessidade de se desenvolver um sistema de produção mais sustentável para a exploração da erva-mate (*Ilex paraguayensis*), explorada historicamente na região, resultando em várias experiências de Sistemas Agroflorestais (SAF's) com a cultura.

Passada aproximadamente uma década, técnicos e agricultores relatam que os SAF's implantados na região, tem se mostrado produtivos e lucrativos. No entanto, não há uma sistematização adequada de tais experiências, sendo os resultados apresentados pouco precisos, tanto do ponto de vista quantitativo, quanto do ponto de vista qualitativo.

Portanto, o estudo de um caso destes SAF's com erva-mate, se justifica à medida que contribui para caracterização adequada da experiência, produzindo resultados que poderão auxiliar técnicos e agricultores na tomada de decisão para a implantação e manejo dos mesmos.

---

<sup>1</sup>Povos e Comunidades Tradicionais: grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição" (Brasil, 2007).

<sup>2</sup> Organização Não Governamental de Assessoria e Serviços a Projetos de Agricultura Alternativa.

## 2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a fitossociologia, os parâmetros químicos e físicos do solo e a ciclagem de nutrientes de um Sistema Agroflorestal com erva-mate, tendo como referência comparativa um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Secundaria.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Proveder o levantamento fitossociológico de um Sistema Agroflorestal (SAF) com erva-mate e de um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Secundaria (FOM);
- b) Avaliar parâmetros químicos e físicos do solo no SAF e no Fragmento de FOM;
- c) Estimar a matéria seca e os teores de macronutrientes da serapilheira acumulada sobre o solo no SAF e no Fragmento de FOM;
- d) Estimar a biomassa e os teores de macronutrientes exportados com a colheita da erva-mate no SAF;
- e) Estimar a biomassa e os teores de macronutrientes do produto da roçada da regeneração natural do SAF.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

##### 3.1.1 Áreas de ocorrência natural e de remanescentes da FOM

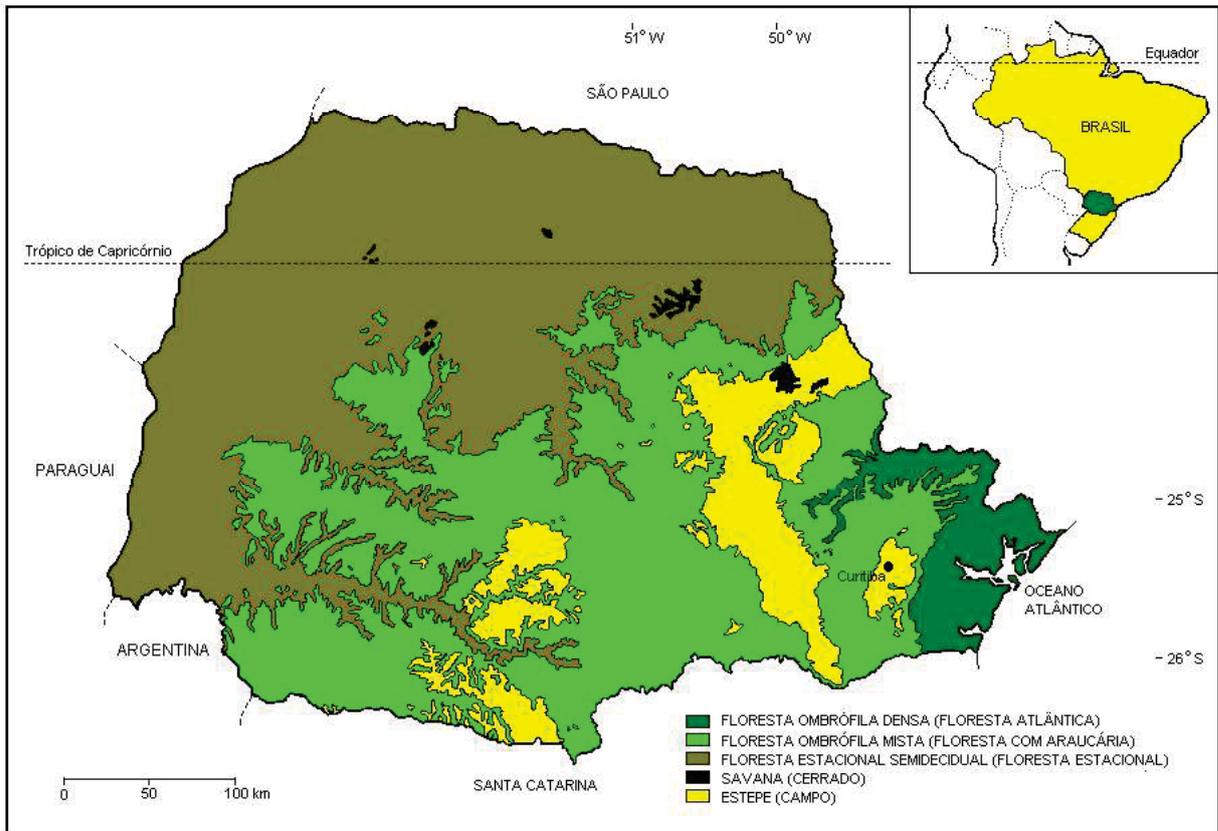
A Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como Floresta de Araucária, é encontrada nos planaltos do sul do Brasil, com disjunções no sudeste brasileiro (IBGE, 1992) e em países como o Paraguai e Argentina (Roderjan et al., 2002). Segundo Carvalho (1994) as formações florestais com *Araucaria angustifolia* cobriam originalmente, no Brasil, uma área de aproximadamente 200.000 km<sup>2</sup>, sendo 40 % desta superfície localizada no estado do Paraná, 31 % em Santa Catarina, 25 % no Rio Grande do Sul, 3 % em manchas esparsas no sul de São Paulo e 1 % no sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

A área de distribuição da Floresta Ombrófila Mista (FOM), no Paraná, está delimitada ao leste pela Serra do Mar e a região do Vale do Ribeira, onde está localizada a Floresta Ombrófila Densa, ao norte e oeste pela Floresta Estacional Semidecidual (FES), entremeada por Estepes e Savanas. A FES avança na área de FOM acompanhando os leitos de alguns rios (FIGURA 1).

Estudo detalhado, tendo como ferramenta o sensoriamento remoto e avaliações em loco constatou que a área de ocorrência da Floresta com Araucária no Paraná ocupa 41,5 % da área total do Estado, perfazendo 8.295.750 hectares, sendo que 14,1 % e 14,5 % destes, encontram-se, respectivamente, em estágios inicial e médio de sucessão (Castella e Britez, 2004). Os dados obtidos por este estudo vão um pouco além dos 7.378.000 ha apontados por Maack (1968).

No Paraná, ao longo da sua história de ocupação, observou-se uma acelerada eliminação da cobertura florestal, produto dos ciclos econômicos, particularmente, o da exploração da madeira, do café e, mais recentemente, o da soja (Sonda, 1996). Para Sanquetta (2006) as condições diferenciadas quanto a topografia, fertilidade natural do solo e histórico do processo de ocupação das regiões geográficas do Paraná determinaram diferentes graus de antropização dos remanescentes florestais.

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES FITOGEOGRÁFICAS MAIS REPRESENTATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ.



FONTE: Maack (1950)<sup>3</sup>, modificado por Roderjan et al. (2002, p. 76).

Na região da Floresta Ombrófila Mista, sobretudo nas regiões menos aptas às práticas da agricultura moderna (relevos acidentados e solos com baixa fertilidade natural), ainda predominam atividades tradicionais, como as culturas agrícolas para o auto-sustento, a extração da erva-mate e o pastoreio sob cobertura florestal (Sanquetta, 2006), garantindo a presença de remanescentes florestais, estando estes remanescentes localizados de maneira significativa na porção centro-sul do estado e acompanhando a Escarpa Devoniana no Primeiro Planalto, sendo as demais áreas espalhadas (Castella e Britez, 2004).

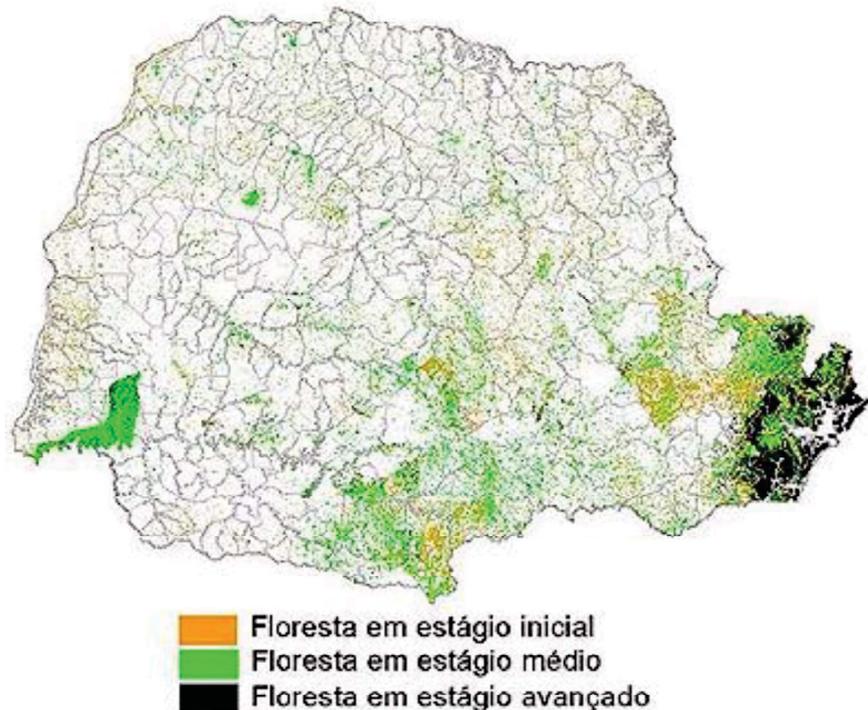
Na FIGURA 2, é possível observar a localização dos remanescentes florestais no Paraná de acordo com estágios sucessionais, destacando-se duas áreas protegidas por lei no Estado: o Parque Nacional do Iguaçu (a oeste) em sua maioria formado por Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio de sucessão e; a

<sup>3</sup> MAACK, R. Mapa Fitogeográfico do Estado do Paraná. Curitiba: IBPT-SAIC/INP. Um mapa 115 x 80 cm. 1:750.000. 1950.

Serra do Mar e a Planície Litorânea (a leste) apresentando expressivas áreas de Floresta Ombrófila Densa em estágios avançados de sucessão. Quanto aos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista, apresentam-se em vários estágios de sucessão, predominando os estágios iniciais.

A quase totalidade dos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista está sob posse privada (Catella e Britez, 2004), todavia a legislação ambiental vigente<sup>4</sup> impede ou impõe restrições severas ao manejo das áreas, mesmo aquelas excedentes as áreas de preservação permanentes (APP) e reserva legal (RL), fazendo com que os proprietários percebam estes remanescentes muito mais como um problema a ser eliminado do que uma oportunidade.

FIGURA 2 - REMANESCENTES FLORESTAIS NO ESTADO DO PARANÁ NO ANO DE 1998



FONTE: Sanquetta (2006, p. 45).

A preservação pela força da lei e da fiscalização, somente, não são suficientes. Uma ação de conscientização da sociedade, em geral, precisa ser oferecida pelos gestores dos órgãos oficiais competentes. O próprio manejo racional

<sup>4</sup> Lei da Mata Atlântica nº 11.428 (Brasil, 2006) e Decreto nº 6.660 (Brasil, 2008).

dessas florestas pode ser uma alternativa plenamente viável (Sanquetta e Mattei, 2002).

Entretanto, Sanquetta, Dalla Corte e Einfeld (2003) ressaltam a necessidade de conhecer e respeitar a capacidade regenerativa e de produtividade para a implementação do manejo racional dessas florestas, já alteradas por seguidas ações antrópicas.

### 3.1.2 Fitossociologia de FOM

A composição florística da Floresta Ombrófila Mista é caracterizada por gêneros primitivos como *Drymis* e *Araucária* - Australásicos e *Podocarpus* - Afroasiático (IBGE, 1992).

De acordo com Veloso, Rangel Filho e Lima (1991), a FOM apresenta quatro subformações:

a) Aluvial: em terrenos antigos dos flúvios – *Araucaria angustifolia* associada com *Podocarpus lambertii* e *Drimys brasiliensis* ou gêneros da família Lauráceae;

b) Submontana: de 50 até mais ou menos 400 m de altitude;

c) Montana: de 400 até mais ou menos 1000 m de altitude – *Araucaria angustifolia* associada à *Ocotea porosa* formavam agrupamentos bem característicos e

d) Alto Montana: situada a mais de 1000 m de altitude – *Araucaria angustifolia* associada com *Podocarpus lambertii*, *Drimys brasiliensis*, *Cedrela fissilis* ou gêneros da família Lauráceae e Myrtaceae.

Na Estação Experimental da UFPR em São João do Triunfo, sudeste do Paraná, em área amostral de 4 hectares sob FOM Montana, utilizando-se DAP maior ou igual a 10 cm como critério de inclusão, Durigan (1999), encontrou 69 espécies de 29 famílias, sendo que a *Araucaria angustifolia*, *Matayba elaeagnóides*, *Nectandra grandiflora*, *Nectandra sp* e *Campomanesia xanthocarpa* representaram 37,33 % do total de indivíduos/ha. Entre as famílias mais importantes estavam a *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Araucariaceae* e *Sapindaceae*.

Caldeira (2003), estudando FOM Montana no município de General Carneiro, também sudeste do Paraná, tendo como área amostral 5 hectares, encontrou 39 espécies, pertencentes a 20 famílias botânicas, sendo que as cinco espécies com

maior valor de importância foram a *Ocotea porosa*, a *Araucaria angustifolia*, a *Ilex paraguariensis*, a *Myrsine ferruginea* e a *Styrax leprosus*. Quanto às famílias as cinco com maior valor de importância foram *Lauraceae* (58,54), *Araucariácea* (38,10), *Aquifoliaceae* (29,62), *Myrsinaceae* (24,68), *Myrtaceae* (22,32).

Conforme Sanqueta (2006), os níveis de desenvolvimento estrutural da floresta e a sua composição florística estão fortemente relacionados com processos ecológicos de antropização e sucessão natural, não negligenciando as influências dos fatores ambientais como topografia, pedologia, entre outros.

Diversos estudos têm relacionado fatores ambientais à distribuição de espécies em florestas tropicais, entretanto os resultados não são ainda conclusivos devido à complexidade das interações entre as inúmeras espécies e o ambiente (Rosário, 2001; Botrel *et al.*, 2002; Rodrigues *et al.*, 2007; Durigan *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2009). A topografia tem sido considerada como a mais importante variável na distribuição espacial e na estrutura das florestas, porque corresponde comumente às mudanças nas propriedades dos solos, particularmente no regime de água e na fertilidade dos solos (Botrel *et al.*, 2002; Rodrigues *et al.*, 2007). Botrel *et al.* (2002), estudando Floresta Estacional Semidecidual (FES) em Minas Gerais, verificou correlações significativas entre a abundância de várias espécies, a drenagem e a saturação de bases dos solos, sugerindo que água e nutrientes minerais são as principais variáveis ambientais determinando a distribuição das espécies na floresta. Rodrigues *et al.* (2007), também estudando FES, apontou que as variáveis relacionadas com a acidez e textura do solo apresentaram maior correlação com a distribuição das espécies, ao longo de um gradiente topográfico. Carvalho *et al.* (2009), estudando FOM Aluvial no Paraná indicou que a distribuição das espécies nos diferentes estratos está relacionada com algumas características do solo, sendo profundidade do lençol freático e teores de matéria orgânica e alumínio as mais importantes. Durigan *et al.* (2008) verificou que a similaridade florística é mais acentuada entre comunidades em estádios sucessionais semelhantes, especialmente quando são geograficamente próximas. Rosário (2001), comparando os padrões florísticos de Florestas com Araucária no RS, apontou que a riqueza de espécies está relacionada ao histórico das áreas e às condições de solo, sobretudo às concentrações de alumínio.

### 3.2 SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF'S)

“Os SAFs podem ser definidos como cultivos combinados de essências florestais com culturas anuais e/ ou com explorações animais, buscando otimizar a produção por unidade de área, mantendo o princípio do rendimento sustentado” (Croce, Nadal e Floss, 1997).

Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) como sistemas alternativos de produção de base familiar podem contribuir para que esses produtores tornem mais sustentáveis seus atuais sistemas de produção (Montoya, Rodgueri e Silva, 1990).

Entre os benefícios ou vantagens da adoção destes sistemas, destacam-se os aspectos: ecológicos (melhoria da conservação do solo, da qualidade da água e do microclima para as pessoas, plantas e animais e redução do corte das matas naturais remanescentes); econômicos (produção florestal e agrícola na mesma área, diversificação da produção, redução do emprego de insumos químicos, aumento da renda por unidade de área da propriedade, diminuição do risco técnico de perdas); sociais (aumento de emprego e melhoria da distribuição da mão-de-obra ao longo do ano e melhoria da qualidade de vida do produtor (Rodgueri, 2004). Tais sistemas tem sido cada vez mais importantes no Brasil, pelo menos como estratégia-piloto de desenvolvimento sustentável em ecossistemas ameaçados (Vivan e Floriani, 2004). Sendo assim, em 20 projetos avaliados pelo PDA/PPG-7/MMA<sup>5</sup> na Amazônia, 12, incorporaram SAF's como estratégia principal (Brasil, 2004). Entre todos os projetos ligados à recuperação e uso sustentável na Mata Atlântica e Cerrado, esta proporção é similar (Vivan e Floriani, 2004).

Peneireiro (1999) demonstrou que um SAF dirigido pela sucessão natural apresenta-se como um sistema de produção comprovadamente capaz de recuperar áreas degradadas, aliando produção à conservação, recuperação, manutenção ou ainda, melhoria da qualidade dos recursos naturais.

Segundo Vivan (1998), os Sistemas Agroflorestais apresentam uma maior complexidade em relação aos sistemas de monocultivos anuais ou povoamentos florestais homogêneos, tanto na sua forma (estrutura) e funcionalidade (ciclagem de nutrientes, sucessão ecológica, equilíbrio dinâmico), quanto na sua composição (biodiversidade).

---

<sup>5</sup> Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil. Subprograma Projetos Demonstrativos do Ministério do Meio Ambiente.

Assim, a composição florística e demais características de cada SAF além de estarem relacionadas ao ecossistema em que está inserido, serão determinados pelo Saber Ecológico (SE) dos agricultores, que inclui desde o zoneamento de áreas até identificação de espécies que oportunizem interações positivas dentro do SAF e de seus contextos sócio-culturais e econômicos (Vivan, 2000).

Os SAFs desenvolvidos na região centro-sul do Paraná são, em sua maioria, caracterizados pelo adensamento de mudas nativas de erva-mate no interior de fragmentos de Floresta Ombrófila Mista Secundária que variam em diversidade de espécies de acordo com o grau de exploração que sofreram<sup>6</sup>.

### 3.3 ERVA-MATE E OS SAF'S

#### 3.3.1 Características da espécie

A erva-mate (*Ilex paraguaiensis*) é uma espécie clímax, pertencente à família Aquifoliaceae. Associada à *Araucaria angustifolia*, cresce preferencialmente nas formações mais avançadas da Floresta Ombrófila Mista, mas regenera-se com facilidade quando a Floresta é raleada. Sua altura é variável podendo atingir até 25 m de altura e 70 cm de DAP (Carvalho, 1994).

Conforme Oliveira e Rotta (1985) a distribuição natural de *Ilex paraguariensis* abrange 540.000 km<sup>2</sup>, compreendendo territórios do Brasil, Argentina e Paraguai situados entre as latitudes de 21° S e 30° S e longitudes de 48° 30' W e 56° 10' W, com altitudes variáveis entre 500 e 1.000 m, compondo a florística das matas com Araucárias e das matas sub-tropicais do sul do Brasil. No nosso país a área de dispersão geográfica da espécie compreende a região centro-oeste do Rio Grande do Sul, grande parte do estado de Santa Catarina, as regiões centro-sul, oeste e nordeste do Paraná, pequena zona da região sudeste de São Paulo e a região sul do Mato-Grosso do Sul. O tipo climático Cfb de Koeppen, temperado sem estação seca, é predominante na área de ocorrência da erva-mate, entretanto a espécie aparece também em climas do tipo Cfa e Cwa.

---

<sup>6</sup> Não publicado. SANTOS, S. C. L. Diagnóstico realizado junto às famílias assentadas do Município de Bituruna como atividade da Assistência Técnica, Ambiental e Social. Bituruna, 2006.

A erva-mate caracteriza-se como planta esciófila, todavia aceita sombra em qualquer idade, tolerando mais luz na fase adulta. Geralmente, apresenta dominância apical definida, mas responde bem a poda, rebrotando desde o colo até as porções superiores da planta (Carvalho, 1994).

De acordo com Mazuchowski (1991), a erva-mate é mais frequentemente encontrada sob solos medianamente profundos a profundos, de textura média ou argilosos, permeáveis, mas sem deficiência hídrica, com baixos teores de nutrientes trocáveis e altos teores de alumínio. Entretanto, Campos (1991, p. 12) em sua revisão bibliográfica concluiu que “as melhores condições de desenvolvimento, longevidade, sanidade e produtividade da erva-mate, estão intimamente ligadas à fertilidade do solo e à sua exploração racional”.

Para fins de produção comercial de erva-mate, Mazuchowski (1991) admite a existência de dois sistemas: os ervais plantados e o manejo dos ervais nativos.

Carvalho (1994) afirma que a erva-mate aceita o plantio solteiro a pleno sol ou em consórcio com culturas agrícolas, principalmente a mandioca, milho e feijão. Contudo recomenda o plantio: misto com espécies pioneiras que lhe darão sombra, sobretudo durante a fase juvenil; em matas secundárias, capoeirões e capoeiras, com a abertura de faixas e plantios em linha; sob povoamentos de *Pinus* de clima temperado a partir do terceiro desbaste; sob povoamento adulto bem manejado de *Araucaria angustifolia*; e ainda o adensamento de ervais nativos, seja pelo plantio de mudas na mata raleada ou pelo favorecimento e condução da regeneração natural, quando ela é abundante.

A exploração da erva-mate consiste na colheita de folhas e ramos finos das árvores, além de botões e flores no final da safra, em outubro (Zampier, 2001). Reissmann *et al.* (1985) concluíram que as exportações de nutrientes dos ervais com a poda, são mais semelhantes aos de sistemas agrícolas do que florestais.

Os teores e as quantidades de nutrientes exportados, no entanto, podem variar em função de diversos fatores.

Oliva (2007) verificou diferenças significativas entre procedências de *Ilex paraguariensis* quanto à biomassa fresca e aos teores de N, P, Ca e Mg.

Campos (1991), estudando a biomassa e o conteúdo de nutrientes em compartimentos de dois povoamentos de erva-mate nos períodos de safra (maio-outubro) e de safrinha (dezembro-janeiro), constatou a maior biomassa total no

povoamento com mais idade e no período da safrinha. A distribuição da matéria seca nos compartimentos variou entre os povoamentos e entre os períodos de colheita. Quanto as concentrações de N, P, K, Ca e Mg no tecido vegetal constatou que, de modo geral, estão dentro da faixa de variação encontradas em outras folhosas. Todavia o Ca apresentou teores elevados na casca e na madeira. Os elementos apresentaram uma tendência de diminuir seus teores na safrinha, exceto o K.

Reissmann *et al.* (1985) verificaram variação estacional de teores e quantidades de macronutrientes, demonstrando que as exportações são sensivelmente influenciadas pela época de exploração, sendo as maiores taxas observadas no final da safra (outubro), fase de maior atividade fisiológica da planta.

Radomski *et al.* (1992) avaliaram teores de macro e micronutrientes em folhas jovens e velhas de árvores nativas desenvolvidas sobre solos ácidos, observando níveis foliares satisfatórios de N, K, Ca, Mg, Fe e Zn, concentrações elevadas de Cu em folhas jovens e altos teores de Al e Mn, principalmente em folhas velhas. Apesar dos baixos níveis de P em folhas velhas, não foram observados sintomas de deficiência, podendo indicar adaptação da erva-mate às condições do solo. Reissmann *et al.* (1983) já haviam observado baixos níveis de P nesta espécie.

Quadros *et al.* (1992), comparando os teores de macro e micronutrientes em folhas de erva-mate nativas sob sombreamento e a céu aberto, verificaram diferenças significativas quanto aos teores médios de N, K, Ca, Mg, Al, Mn, Fe e Si. Para a maioria dos nutrientes as maiores médias foram encontradas nas folhas sombreadas, sendo os teores médios de Al e Fe maiores a céu aberto. No entanto, Wisniewski *et al.* (1999) avaliando a nutrição e a exportação de nutrientes pela erva-mate plantada em diferentes ambientes, encontraram relação entre sombreamento e teor foliar apenas para o N, cujas concentrações foram ligeiramente superiores nas áreas sombreadas. Segundo estes autores a maior exportação foi verificada na área em que as árvores foram plantadas a pleno sol, pois a quantidade de biomassa podada foi maior.

Fossati (1997) analisou a produtividade e os níveis foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, B e Al em plantio homogêneo de erva-mate com 7 anos, em dez diferentes sítios localizados em uma topossequência, verificando diferenças entre os mesmos para os elementos avaliados, exceto para o K. Os teores de N foliar

apresentaram tendência de diminuir de cima para baixo na pendente, enquanto que o Ca, Mg, Fe, Zn e B aumentaram neste mesmo sentido. As diferenças observadas entre os sítios quanto aos teores de P, Cu e Al não foram relacionadas à topossequência.

Analisando as variáveis de produtividade Fossati (1997) observou que a altura total, altura da copa e área de projeção da copa diminuíram de cima para baixo na topossequência. Por outro lado, o peso da massa verde, da massa seca e área foliar apresentaram pequena tendência de diminuir de baixo para cima no gradiente topográfico. Segundo este autor, os valores de pH, saturação de bases e teores de Ca, Mg e Mn do solo, apresentaram relações negativas com variáveis de altura total, altura da copa e área de projeção da copa. Estas variáveis de produtividade apresentaram relações positivas com Al trocável e acidez potencial do solo ( $H^+ + Al^{3+}$ ). O N foliar apresentou correlação positiva com parâmetros de produtividade da planta e com os níveis deste nutriente nos solos. Não se observou correlação entre o Al foliar com parâmetros de produtividade, demonstrando a alta tolerância da espécie ao acúmulo do elemento em suas folhas. Os baixos teores de P no solo e na folha não influenciaram as variáveis de produtividade.

Reissmann e Prevedello (1992) encontraram correlações positivas entre a calagem e a concentração de K, Ca, Mg e Fe nas folhas de mudas de erva-mate em casa de vegetação. Por outro lado, os autores observaram neste estudo a redução do crescimento da erva-mate em função de doses crescentes de calcário.

Santin (2008) verificou aumento da produtividade e do teor foliar de N, P e K em erval nativo adensado de 7 anos em resposta a aplicação de doses crescentes de adubação química.

Zampier (2001) avaliando os níveis de nutrientes em mudas de erva-mate com um ano em condições de viveiro após adubação mineral e orgânica e sua relação com a produtividade verificou que os maiores níveis foliares de N, P, Ca, Mg e Cu foram obtidas nos tratamentos com húmus de minhoca. Para K e Mn as maiores médias de teores foliares foram alcançadas pela aplicação de adubo químico (NPK). A variação nas doses de P não se traduziu em ganho de produtividade.

### 3.3.2 SAF's com erva-mate

Backes e Irgang (2002) sugerem que os densos agrupamentos de erva-mate encontrados em Florestas maduras sejam resultados de manejo realizado por indígenas.

Segundo Chang (1988) o uso da erva-mate foi uma prática indígena absorvida pelos colonizadores, tanto que a história da região centro-sul e sudeste do Paraná se confunde com a história da exploração dos ervais, sendo esses decisivos na formação da própria paisagem rural. Até o início da primeira guerra mundial a erva-mate era o esteio da economia paranaense, constituindo-se em fonte de riqueza e divisas, fazendo prosperar muitas cidades do sul do Paraná (Mazuchonski, 1991).

A colheita das folhas e ramos finos desta espécie ainda é uma atividade econômica de relevância para o estado, sobretudo para a região centro-sul e sudeste do Paraná. Em 2005, o Estado produziu 139.657 toneladas representando 58,5% do total nacional, sendo os Municípios de São Mateus do Sul, Paula Freitas, Inácio Martins, Cruz Machado, Bituruna e Pinhão os maiores produtores, contribuindo com 58,1% da produção estadual e com 34,0% da produção do País (IBGE, 2005). No município de Bituruna, a erva-mate ocupou 4.500 ha em 2005, sendo a segunda área plantada, ficando atrás apenas do milho com 7000 ha. As indústrias processaram neste mesmo ano 9.800 toneladas de folhas de erva-mate, contribuindo com uma fatia importante para o PIB municipal (IBGE, 2007).

Segundo relatos de técnicos, agricultores e empresários ervateiros do município de Bituruna - PR o extrativismo inadequado dos ervais nativos tem provocando a queda nas produções e o cultivo convencional<sup>7</sup> de erva-mate plantada eleva o custo reduzindo a lucratividade do setor [...] <sup>8</sup>.

Há um pouco mais de 10 anos, em 1998, grupos organizados de pequenos agricultores ligados a associações, sindicatos e movimentos sociais populares, estimulados por um projeto coordenado pela AS-PTA (Assessoria e Serviços a

---

<sup>7</sup> O manejo convencional da erva-mate pressupõe a compra das mudas, a correção da acidez e adubação dos solos, bem como o controle das pragas e doenças com agroquímicos elevando os preços de implantação e manutenção dos ervais.

<sup>8</sup> Não publicado. SANTOS, S. C. L. Entrevistas realizadas como atividade do curso de Especialização em Agroecologia da UFSC/PRONERA. Bituruna, 2005.

Projetos em Agricultura Alternativa) e financiados pelo FNMA (Fundo Nacional do Meio Ambiente) iniciaram uma discussão sobre a necessidade de se desenvolver um sistema de produção mais sustentável. Estas discussões resultaram na implantação de várias experiências de Sistemas Agroflorestais com erva-mate na região centro-sul e sudeste do Paraná<sup>8</sup>.

Passados aproximadamente uma década, técnicos e agricultores relatam que os SAF's implantados na região, têm se mostrado produtivos, além de lucrativos, devido, principalmente, ao seu baixo custo de implantação e manutenção, pois necessitam de poucos insumos externos à propriedade e não apresentam problemas de pragas e doenças em consequência do maior estabilidade do sistema<sup>8</sup>.

#### 3.4 CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ECOSISTEMAS FLORESTAIS E AGROFLORESTAIS

A cobertura florestal, natural e plantada, e sua estrutura em bosque provêm o solo de um microclima e de um espectro de microrganismos diferentes daqueles associados com a maioria dos solos agrícolas. O aporte de serapilheira, sua decomposição e a rápida incorporação dos nutrientes fazem parte de um processo dinâmico que confere um caráter distinto aos solos sob cobertura florestal (Gama-Rodrigues, 2002).

Segundo Cunha et al. (1993), a serapilheira é a principal via de transferência de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e cálcio das plantas ao solo em ecossistemas florestais, assim o estudo da ciclagem de nutrientes minerais, via serapilheira é fundamental para conhecer a estrutura e funcionamento de tais ecossistemas.

A quantidade de serapilheira produzida por uma fitocenose em uma mesma zona climática é determinada por uma interação complexa de fatores locais, incluindo a fertilidade do solo, a disponibilidade de água no solo e o grau de perturbação da vegetação (Pagano e Durigan, 2000).

Backes et al. (2004), avaliando serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, na Floresta Nacional em São Francisco de Paula (RS), verificou uma produção média de 10.305,88 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de serapilheira depositada, e uma média de 14.296,00 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de serapilheira acumulada. Segundo estes autores, estes valores estão acima dos registrados para fitocenoses tropicais, indicando a tendência de acumular

material. Já Figueiredo Filho (2005), estudando um remanescente de Floresta Ombrófila Mista localizada na Floresta Nacional de Irati, na região Centro-Sul do Estado do Paraná, encontrou uma produção anual média total de serapilheira de 6.331,07 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que a fração folha constituiu-se no principal componente.

Segundo Montagnini (1992) em Sistemas Agroflorestais a ciclagem biogeoquímica (interação solo-planta) contribui para manter a produtividade dos solos, permitindo otimizar os recursos naturais disponíveis, devido a coexistência de espécies de plantas com diferentes requerimentos de luz e com distintos requerimentos nutricionais, explorando diversas camadas do solo.

Arato *et al.* (2003), estudando a deposição de serapilheira em um sistema agroflorestal composto por mais de 20 espécies, entre frutíferas e nativas, implantado para a recuperação de área degradada, em Viçosa (MG), encontraram valores de produção total e de frações de serapilheira semelhantes aos encontrados em Florestas Estacionais Semidecíduais da Região Sudeste do Brasil.

Maia (2006), avaliando vários Sistemas Agroflorestais e Cultivos Tradicionais (roçada seguida de queima, cultivo e pousio) em comparação com Mata Nativa da Caatinga Cearense verificou que:

- a) O tratamento Sistema Agrosilvipastoril (AGP) manteve teores de bases trocáveis similares ao tratamento-referência Mata Nativa, além de exibir os maiores valores de saturação por bases em todas as profundidades avaliadas (0-6, 6-12, 12-20 e 20-40 cm);
- b) O tratamento AGP apresentou aportes líquidos de matéria seca de aproximadamente 4,0 Mg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, sendo este valor superior ao observado na Mata Nativa (3,7 Mg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>);
- c) Os resultados foram atribuídos a grande capacidade do Sistema Agrosilvipastoril em aportar matéria orgânica ao solo, a ação de sistemas radiculares diversificados, e a conseqüente eficiência na ciclagem de nutrientes.

A implementação de Sistema Agroflorestal para o manejo do café na região da Zona da Mata em Minas Gerais aumentou os conteúdos de matéria orgânica e, conseqüentemente, potencializou a disponibilidade de nutrientes para as plantas, a conservação e a recuperação do solo, sendo esses aspectos de grande relevância para manter a produtividade do solo a longo prazo, principalmente em sistemas

agrícolas que são manejados com poucos recursos externos por agricultores descapitalizados e assentados em solos distróficos, com relevos ondulados e montanhosos (Marin *et al.* 2004).

Araujo *et al.* (2004), relacionando a diversidade de espécies com a recuperação do solo em diferentes sistemas de produção e mata natural, observaram que os índices de diversidade dos SAF's apresentaram juntamente com a mata, números superiores às demais formas de uso do solo na região, afirmando que em todos os casos de SAF a diversidade esteve acompanhada de ganho em termos de melhoria da qualidade do solo.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

Bituruna faz parte da mesoregião Sudeste do Paraná, localizando-se a uma latitude 26° 07' 00" sul e longitude 51° 31' 00" W – GR. (PARANA CIDADE, 2009). A área do município é de 123.942, 2 ha de extensão e está sob o substrato geológico formado pelo Derrame de Trapp da formação Serra Geral, compondo a bacia do Rio Iguaçu, apresentando relevo ondulado a forte ondulado, altitudes variando entre 750 a 1200 metros e predominância de neossolos litólicos, com manchas de cambissolos (Castella e Britez, 2004).

O clima, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb – Subtropical, Super-úmido sem estação seca com precipitação média anual variando entre 1.600 a 1.700 mm, Mesotérmico brando com temperaturas médias anuais entre 15 e 18 °C, com verões frescos e invernos com ocorrências de geadas severas e freqüentes (IAPAR, 1994).

Originalmente, grande parte da área de Bituruna era ocupada pela Floresta Ombrófila Mista (Mata com Araucárias), com poucas manchas de campos (Castella e Britez, 2004). Quanto aos remanescentes florestais, não há consenso entre as fontes consultadas. Levantamento realizado no período de 2000 a 2005, indicou que os remanescentes florestais ocupavam 18,0 % da área do município, todavia apontou um avanço no desmatamento, sendo verificado um decréscimo de 3,93 % da área de Floresta (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLANTICA e INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2008). Outro levantamento realizado em 2004 apontou que 47,4 % da área do município ainda era ocupada por florestas nativas, sendo 25,4 % em estágio inicial, 19,1 % em estágio médio, 1,5 % em estágio avançado e ainda 1,4 % de áreas com predominância de Araucárias (Castella e Britez, 2004). Sanquetta (2009) alerta que tamanha discrepância entre os dados a respeito da cobertura de remanescentes florestais deve-se principalmente ao fato de alguns levantamentos levarem em consideração apenas os estágios médio e avançado, desprezando os estágios iniciais.

Segundo os dados do Censo Agropecuário de 1995/96 (IBGE, 2009a), 93,1 % dos agricultores do município de Bituruna eram familiares. Este percentual certamente foi alterado, pois de acordo com INCRA (2007) existem no município

sete Assentamentos de Reforma Agrária, sendo cinco deles implantados no período de 1996 a 2004, totalizando 461 famílias assentadas. Os dados preliminares do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2009b) apontaram um acréscimo de 473 novos estabelecimentos agropecuários.

A maioria das famílias assentadas no Município de Bituruna desenvolvem a agricultura e a pecuária para o auto-sustento, comercializando o excedente da produção, tendo o feijão como a principal cultura comercial. O extrativismo florestal é importante componente da renda familiar, destacando-se a exploração da Bracatinga (*Mimosa scabrella*) e da erva-mate (*Ilex paraguayensis*) [...] <sup>9</sup>.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA AGROFLORESTAL A SER ESTUDADO

### 4.2.1 Localização e histórico da área experimental

A área experimental está localizada no Lote do agricultor assentado Anísio Rosa no Projeto de Assentamento de Reforma Agrária Rondon III.

Anísio relata que há 40 anos, quando a área ainda pertencia a Fazenda Rondon III, foram realizados cortes seletivos para a retirada das árvores com maior importância comercial como o Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*), a Imbuia (*Ocotea porosa*), entre outras espécies.

O SAF com erva-mate foi implantado em 1998 em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana de Formação Secundária, composto por indivíduos arbóreos entrando em final de ciclo, árvores adultas de várias espécies com menor valor econômico e árvores jovens oriundas da regeneração natural, além da taquara (*Merostachys multiramea*) que povoava abundantemente o sub-bosque da área.

### 4.2.2 Principais intervenções realizadas para implantação e manejo do SAF

Em 1998, para a abertura de espaço e o aumento da luminosidade, visando o desenvolvimento da erva-mate e de outras espécies de interesse já presentes na área, bem como das mudas que seriam introduzidas, foram realizadas as seguintes ações:

---

<sup>9</sup> Não publicado. SANTOS, S. C. L. Diagnóstico realizado junto às famílias assentadas do Município de Bituruna como atividade da Assistência Técnica, Ambiental e Social. Bituruna, 2006.

- a) Novo raleamento do Fragmento Florestal para a retirada de árvores maduras e em final de ciclo;
- b) Podas de galhos de algumas árvores;
- c) Roçada para a eliminação da taquara;
- d) Roçada seletiva da regeneração natural, favorecendo o crescimento de indivíduos de espécies arbóreas de interesse.

No ano seguinte, 1999, a taquara voltou a germinar, quando foi roçada novamente. Neste mesmo ano, foram coletadas sementes de matrizes nativas da região, sendo produzidas mudas de erva mate.

No ano 2000, foi realizado o adensamento da área, por meio do plantio de 2.000 mudas de erva-mate, com espaçamento de aproximadamente 3 m x 3 m. As plantas que não sobreviveram foram replantadas no ano seguinte. No primeiro e no segundo ano, após o plantio foi realizado o coroamento das mudas. Roçadas seletivas da regeneração da regeneração natural foram realizadas todos os anos que sucederam a implantação do SAF.

Podas de formação nas erva-mates plantadas foram realizadas a partir de 2002, a cada dois anos até 2006, sendo efetuada em 2008 a primeira poda comercial. As erveiras nativas também foram colhidas com intervalos de dois anos.

Nas FIGURAS 3 e 4 é possível visualizar a estrutura do SAF estudado.

Nos anos subseqüentes a 1998, Anísio Rosa e sua família foram implantando o mesmo sistema em novos talhões. Atualmente, a área manejada com SAF totaliza 7 hectares, sendo composta por um mosaico de povoamentos de erva-mate com várias idades de implantação, sobre várias classes de solo e fases de relevo.

FIGURA 3 – ESTRUTURA DO SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (MUDAS PLANTADAS)



FONTE: Gentilmente cedido por Olcimar da Rosa (2005).

FIGURA 4 – ESTRUTURA DO SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (ÁRVORES NATIVAS)



FONTE: Gentilmente cedido por Olcimar da Rosa (2005)

### 4.3 LOCALIZAÇÃO, TAMANHO E NÚMERO DE PARCELAS

No sentido de garantir menor heterogeneidade da área experimental, definiu-se pela instalação das parcelas de estudo sobre o talhão mais antigo, com 8 anos de implantação do SAF, sobre a mesma classe de solo e fase de relevo.

Para a classificação do solo, de acordo com EMBRAPA (2006), foram abertas trincheiras e realizadas tradagens em zigue e zague para avaliação das características morfológicas dos perfis e coleta de amostras para a análise química e granulométrica. As declividades foram verificadas utilizando-se um clinômetro, tendo como referência as fases de relevo estabelecidas por EMBRAPA (2006).

As parcelas foram instaladas em área com Cambissolos Háplicos, em relevo ondulado - superfície de topografia pouco movimentada, apresentando declives moderados variando de 8 a 20%, ficando a área de estudo limitada a uma faixa de 1.575 m<sup>2</sup>. O tamanho das parcelas foi definido tendo em vista o levantamento florístico a ser realizado, visando incluir aproximadamente 20 indivíduos com Perímetro à Altura do Peito (PAP) igual ou superior a 15 cm. Desta forma, foram instaladas 7 parcelas experimentais de 225 m<sup>2</sup>.

Também foram implantadas 7 parcelas experimentais de 225 m<sup>2</sup> em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista com Formação Secundária, contíguo as áreas de SAFs, onde não foi realizado nenhum tipo de intervenção antrópica nos últimos 40 anos. Entretanto, cabe ressaltar que ocorreu, em 2005, o fim do ciclo natural da taquara, alterando significativamente o perfil estrutural da área e a deposição de serapilheira.

### 4.4 METODOLOGIA DOS LEVANTAMENTOS E ANÁLISES

#### 4.4.1 Fitossociologia

Para o levantamento florístico foram considerados os indivíduos arbóreos com Perímetro à Altura do Peito (PAP) igual ou superiores a 15 cm. Foram levantadas entre outras variáveis a altura e a posição sociológica dos indivíduos amostrados, permitindo a avaliação da estrutura horizontal e vertical do SAF e do Fragmento Florestal.

A diferenciação das espécies a campo foi baseada na experiência prática acumulada pelo agricultor assentado a respeito da floresta e do SAF conduzido por ele. A classificação botânica das mesmas foi realizada através de comparação do material coletado com exsicatas do Herbário do Departamento de Botânica do Setor de Ciências Biológicas da UFPR e recorrendo-se a ajuda de especialistas.

As espécies foram classificadas ainda quanto aos grupos ecológicos, em pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax, utilizando-se os princípios determinados por Kageyama e Viana (1992), Ferretti et al. (1995) e Carpanezzi e Carpanezzi (2006), aliadas as informações sobre as espécies apontadas por Carvalho (1994) e Lorenzi (1992).

Foi calculado para as duas áreas estudadas o índice de diversidade de Shannon-Weaver, através da equação (Magurran, 1988):

$$H' = - \sum p_i \cdot \ln p_i$$

$H'$  = Índice de diversidade de Shannon-Wiener

$p_i$  =  $n_i/N$

$n_i$  = nº de indivíduos amostrados para a espécie  $i$

$N$  = nº total de indivíduos amostrados

$\ln p_i$  = Logaritmo neperiano de  $p_i$

Foi calculado o Índice de Similaridade de Sorensen Quantitativo, conforme as equações (Magurran, 1988):

$$ISs \text{ Quantitativo} = 2jN / A + B$$

$A$  = número total de espécies da comunidade 1

$B$  = número total de espécies da comunidade 2

$jN$  =  $\sum$  dos menores números de indivíduos encontradas entre as duas comunidades de cada uma das espécies comuns entre as comunidades

Foram realizados também os cálculos de densidade absoluta, densidade relativa, dominância absoluta, dominância relativa, freqüência absoluta, freqüência

relativa, valor de importância e valor de cobertura, utilizando-se as seguintes equações (Mueller-Dombois e Ellenberg, 1974):

- a) Densidade Absoluta (DA): número de indivíduos de cada espécie por hectare;
- b) Densidade relativa (DR): DA / número total de indivíduos por hectare;
- c) Dominância absoluta (DoA): área basal da espécie / hectare;
- d) Dominância relativa (DoR): [DoA da espécie / área basal total]\*100;
- e) Frequência absoluta (FA): % de parcelas em que ocorre uma determinada espécie;
- f) Frequência relativa (FR): [FA da espécie /  $\sum$ FA de todas as espécies] \*100;
- g) Valor de Importância (VI): DR + DoR + FR;
- h) Valor de Cobertura (VC): DR + DoR.

Os indivíduos amostrados foram organizados nas seguintes classes diamétricas: 4,77 até 10 cm; > 10 até 20 cm; > 20 até 30 cm; > 30 até 40 cm, e; > 40 até 90 cm.

Os dados relativos à altura foram organizados em cinco classes: 1,8 até 5 m; > 5 até 10 m; > 10 até 15 m; > 15 até 20 m, e; > 20 m.

De acordo com a posição fitossociológica as espécies foram organizadas em três estratos: estrato inferior, intermediário e dossel.

#### 4.4.2 Química e física do Solo

Para a análise química dos solos, foram coletadas em dezembro de 2007, cinco amostras simples nas profundidades (0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm), distribuídas em zigue-zague nas áreas de cada uma das parcelas do SAF e do Fragmento de FOM. As amostras simples foram homogeneizadas formando um amostra composta por parcela.

As análises foram realizadas no laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, sendo determinados os seguintes parâmetros químicos: pH CaCl<sub>2</sub>, pH SMP, Al<sup>3+</sup>, H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC), saturação de bases (V%), saturação em alumínio (m%), C, N, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>. Para a obtenção do pH CaCl<sub>2</sub>

utilizou-se o cloreto de cálcio (0,01 molar). Para a determinação do pH SMP foi utilizado o método da solução tamponada. Depois de obtidos estes valores recorreu-se a tabelas pré-estabelecidas para obtenção dos valores da acidez potencial ( $H^+ + Al^{+3}$ ), tendo em vista a estreita correlação entre esta e o pH SMP. Para a extração de  $Al^{+3}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  utilizou-se solução de KCl. O  $K^+$  e P através do extrator Mehlich 1. Para obtenção do C utilizou-se o dicromato de sódio e ácido sulfúrico (EMBRAPA, 1997). O N foi determinado no Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, através da digestão sulfúrica conforme metodologia descrita por Bremner (1996). A soma de bases (SB) foi obtida somando-se os valores de  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ . A capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC) obteve-se pela soma de  $H^+ + Al^{+3}$  e SB. A saturação de bases (V%) obteve-se pela divisão de SB pela CTC, multiplicando-se por 100. E a saturação por alumínio (m%) foi obtida através da divisão de  $Al^{+3}$  pela CTC efetiva, multiplicando-se por 100.

Para a análise dos parâmetros físicos do solo de granulometria (argila, silte e areia) e densidade de partícula foram utilizadas alíquotas das mesmas amostras utilizadas para a análise química. Para a determinação dos parâmetros de porosidade (macro, micro e total) e densidade do solo foram coletadas, em maio de 2008, duas amostras indeformadas em cada uma das parcelas nas profundidades 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm, utilizando-se anéis de metal.

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Física do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR. Para a determinação do teor de argila foi utilizado o método do densímetro, sendo usado o hidróxido de sódio como dispersante químico. O teor de areia foi obtido através de passagem por peneira de 0,053 mm de malha e lavagem com água deionizada para a retirada da matéria orgânica. O teor de silte foi estabelecido por diferença entre o teor de argila e areia (EMBRAPA, 1997).

A densidade do solo ( $D_s$ ) foi obtida pelo método do anel volumétrico. A densidade de partícula ( $D_p$ ) através do método do balão volumétrico. A porosidade total através da relação entre  $D_s$  e  $D_p$ . O método da mesa de tensão, com coluna de água de 60 cm (0,006 MPa), foi utilizado para obtenção da microporosidade. Já a macroporosidade foi obtida por diferença entre a porosidade total e a microporosidade (EMBRAPA, 1997).

Os estoques de macronutrientes no solo nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm, foram calculados em  $\text{kg ha}^{-1}$ , seguindo-se os passos descritos no ANEXO 1.

#### 4.4.3 Tecido vegetal: regeneração natural, serapilheira acumulada e erva-mate

##### 4.4.3.1 Coletas a campo e preparação de amostras

Foram considerados regeneração natural os indivíduos com PAP inferiores a 15 cm, arvoretas, arbustos, plântulas de espécies arbóreas e plantas herbáceas. A coleta da biomassa verde da regeneração natural foi realizada em junho de 2008, simulando a roçada realizada todos os anos no SAF, cortando-se a vegetação a aproximadamente 10 cm do solo. As parcelas foram divididas em 9 quadrantes, sendo realizado o sorteio de três onde foram realizadas as coletas utilizando-se um quadrado de madeira de  $0,25 \text{ m}^2$  como gabarito. As três amostras simples compuseram amostras compostas que representaram as parcelas. O material coletado foi fracionado em folhas e ramos.

No SAF a serapilheira acumulada sobre o solo foi coletada, logo em seguida, nos mesmos pontos em que foram realizadas coletas da biomassa verde da regeneração natural, utilizando-se o mesmo gabarito. Para a coleta da serapilheira acumulada sobre o solo do Fragmento Florestal também se dividiu as parcelas em 9 quadrantes e realizou-se o sorteio de três pontos, mantendo-se o mesmo gabarito. O material coletado foi fracionado em: folhas; ramos e galhos finos; e miscelânea.

A colheita da erva-mate foi realizada em cada uma das parcelas do SAF, em junho de 2008, utilizando-se os mesmos métodos dos agricultores da região. Toda a massa verde comercializável (folhas e ramos finos menores ou iguais a 2,5 cm), assim como os galhos e ramos grossos (maiores que 2,5 cm ou iguais a 10 cm) que usualmente ficam amontoados no campo foram pesados com balança de vara com precisão de 500 g. O produto comercializável foi homogeneizado, sob uma lona plástica, sendo retiradas alíquotas proporcionais ao peso total e acondicionadas em sacos plásticos para a obtenção do peso úmido de maneira mais precisa em laboratório. Esse procedimento também foi realizado para os ramos grossos e galhos. A alíquota de massa verde comercializável foi fracionada em folhas e ramos

finos. O peso úmido foi obtido no mesmo dia utilizando-se uma balança de precisão de 0,001 g, disponível no laboratório de uma agroindústria de mel no Município de Bituruna.

#### 4.4.3.2 Análises dos teores de macronutrientes

No Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, as amostras da colheita de erva-mate, massa verde da regeneração natural e serapilheira acumulada sob o solo foram colocados para secar em estufa a 60° C, até peso constante. Depois os materiais foram triturados em moinho tipo Wiley, sendo retiradas alíquotas de 1 g que foram submetidas à digestão via seca com HCl 3 N para a determinação dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), e magnésio (Mg) por meio da metodologia descrita por Martins e Reissmann (2007). Os teores de N foram determinados por meio da digestão sulfúrica, sendo para tanto retiradas alíquotas de 0,5 g das amostras, segundo a metodologia de Bremner (1996).

#### 4.4.3.3 Cálculos das quantidades de nutrientes

A massa seca (MS) total e de cada uma das frações da colheita de erva-mate foram calculadas a partir do peso seco e do peso úmido das amostras, bem como do peso úmido total obtido no campo. Foram estimadas as quantidades de macronutrientes exportados pela colheita da erva-mate em  $\text{kg ha}^{-1}$ , levando-se em consideração a área da parcela, a MS total e os teores obtidos em  $\text{g kg}^{-1}$ .

A massa seca (MS) total e de cada uma das frações da regeneração natural e da serapilheira acumulada sobre o solo foram extrapoladas para  $\text{kg ha}^{-1}$ , a partir da área do gabarito e dos pesos secos das amostras. Com a MS e os teores em  $\text{g kg}^{-1}$  obtidos foram calculadas as quantidades de macronutrientes em  $\text{kg ha}^{-1}$  presentes na regeneração natural e na serapilheira acumulada.

#### 4.4.4 Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), sendo os sistemas (SAF e Fragmento Florestal) considerados os tratamentos e as parcelas consideradas as repetições. Para a análise dos parâmetros químicos e físicos do solo foram coletadas amostras em cada uma das parcelas nas profundidades 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm. Do mesmo modo para a análise da serapilheira as amostras das parcelas foram subdivididas nas frações folhas, miscelânea e ramos.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o software MSTAT-C (Michigan State University, 1989). Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett para a averiguação da homogeneidade das variâncias (aqueles dados em que o valor do qui-quadrado calculado foi maior que o tabelado foram realizadas transformações, sendo as equações indicadas no ANEXO 2). Foi também realizada análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey para comparação das médias a 95% de probabilidade.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 FITOSSOCIOLOGIA

Ao todo foram identificadas 44 espécies, pertencentes a 23 famílias. No SAF identificou-se 32 espécies e no Fragmento de FOM Secundário 31 espécies, com 18 espécies comuns aos dois ambientes.

Tanto no SAF quanto no Fragmento Florestal foram observadas espécies pertencentes a vários estágios sucessionais (TABELA 1).

Asteraceae, no SAF, apresentou 5 diferentes espécies e o maior número de indivíduos amostrados (33%). Lauraceae foi a segunda família em diversidade com 4 espécies, no entanto representou o quarto maior número de indivíduos amostrados (8 %), sendo superada apenas pela família Flacourtiaceae com 2 espécies que representaram 9 % dos mesmos. A família Aquifoliaceae apresentou 3 espécies, representando 14 % dos indivíduos amostrados.

No Fragmento Florestal, a família Clethraceae, com apenas uma espécie, representou 25 % dos indivíduos amostrados. Lauraceae representou 23 % destes, distribuídos em 5 espécies. Foram encontrados 3 espécies da família Aquifoliaceae, totalizando 7 % dos indivíduos amostrados.

TABELA 1 - RELAÇÃO DE FAMÍLIAS, ESPÉCIES, NOMES COMUNS E GRUPOS ECOLÓGICOS PRESENTES EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

FAMÍLIAS / ESPÉCIES	Nome Comum	SAF	FOM	Grupo Ecológico
<b>Continua</b>				
ANNONACEAE				
<i>Rollinia emarginata</i> Schlttdl.	Ariticum	•		NE
AQUIFOLIACEAE				
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	Voadeira		•	ST
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	Congonha	•	•	C
<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	Erva-mate	•		C
<i>Ilex theezans</i> Mart.	Caúna	•	•	NE
ARAUCARIACEAE				
<i>Araucária angustifolia</i> ( Bertol. ) Kuntze	Pinheiro do Paraná	•	•	C
ASTERACEAE				
<i>Baccharis oreophila</i> Malme		•		P
<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	Vassourão-branco	•	•	P - SI
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker		•		P
<i>Symphiopappus compressus</i> B.L.Rob.	Vassourão-preto	•		NE
<i>Vernonanthura discolor</i> (Less.) H.Rob.	Vassourão folha larga	•	•	P - SI
BIGNONIACEAE				
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	Caroba		•	P

FAMÍLIAS / ESPÉCIES	Nome Comum	SAF	FOM	Grupo Ecológico
<b>CANELLACEAE</b>				
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwacke	Pimenteira	•		NE
<b>CLETHRACEAE</b>				
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Carne-de-vaca	•	•	P
<b>CUNONIACEAE</b>				
<i>Lamanonia speciosa</i> (Cambess.) L.B.Sm.	Guaraperê	•	•	SI
<b>EUPHORBIACEAE</b>				
<i>Sapium glandulatum</i> Pax	Leiteiro	•	•	P
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. R.J.Downs	Branquilha		•	SI
<b>FLACOURTIACEAE</b>				
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Guaçatunga	•		ST
<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	Guaçatunga-preto	•		ST
<b>LAURACEAE</b>				
<i>Aniba firmula</i> (Ness e C. Mart.) Mez	Canela rosa	•		ST
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees e Mart. ex Nees	Canela-branca	•		ST
<i>Nectandra megapotamica</i> Mez	Canela-imbuia		•	ST
<i>Ocotea bicolor</i> Vattimo-Gil		•	•	NE
<i>Ocotea porosa</i> (Mez) Barroso	Imbuia	•	•	C
<i>Ocotea puberula</i> Nees	Canela guaicá	•	•	SI
<b>LEGUMINOSAE</b>				
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Bracatinga		•	P
<b>MELIACEAE</b>				
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	•	•	SI
<b>MYRTACEAE</b>				
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	Uvaia		•	NE
<i>Myrceugenia miersiana</i> (Gardn.) D.Legrand e Kausel	Guamirim-branco	•	•	NE
<i>Myrcia rostrata</i> DC.		•		P – SI
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá		•	NE
<b>PROTEACEAE</b>				
<i>Roupala montana</i> Aubl.			•	NE
<b>RUTACEAE</b>				
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de-cadela	•		NE
<b>SAPINDACEAE</b>				
<i>Allophylus edulis</i> Radlk. ex Warm.	Vacum	•	•	P
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Miguel-pintado	•	•	C
<b>SIMAROUBACEAE</b>				
<i>Picramnia excelsa</i> Kuhlmann ex Pirani	Alecrim	•		
<b>SOLANACEAE</b>				
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Fumo-bravo		•	NE
<i>Solanum pseudo-quina</i> A.St.-Hil.	Pau-amargo	•	•	NE
<i>Solanum sanctae-katharinae</i> Dunal	Quina-branca	•		SI
<b>STYRACACEAE</b>				
<i>Styrax leprosum</i> Hook. e Arn.	Carne-de-vaca	•	•	SI
<b>SYMPLOCACEAE</b>				
<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand	Sete-sangria		•	NE
<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	Pasto-de-anta		•	NE
<b>ULMACEAE</b>				
<i>Celtis iguanaeus</i> Sarg.	Gurupιά	•		P
<b>WINTERACEAE</b>				
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	Cataia		•	NE

FONTE: O autor (2009).

NOTA: P – Pioneira; SI – Secundária Inicial; ST – Secundária Tardia; C – Clímax; NE - Grupos Ecológicos não encontrados na literatura consultada (NE).

No SAF (TABELA 2), *Piptocarpha angustifolia*, espécie típica de formação florestal secundária, apresentou o maior Valor de Importância (VI), seguida por *Ilex paraguariensis*. Segundo o histórico da área, no momento da implantação do sistema, as erveiras nativas eram pequenas árvores, demonstrando que a retirada da taquara (*Merostachys multiramea*), o raleamento do dossel, o coroamento das plantas e a roçada seletiva da regeneração favoreceram o desenvolvimento da espécie. A maior parte das mudas plantadas ainda não atingiram o PAP de 15 cm, portanto não foram amostradas no levantamento fitossociológico. Com o passar dos anos e o conseqüente desenvolvimento das erveiras o VI da erva-mate deve aumentar substancialmente.

No SAF (TABELA 2), as pioneiras *Vernonanthura discolor*, *Clethra scabra* e *Symphopappus compressus*, as secundárias iniciais *Styrax leprosum*, *Ocotea puberula* e *Cedrela fissilis*, além das secundárias tardias *Casearia decandra* e *Casearia obliqua* apresentaram altos VI. As árvores mortas apresentaram o quinto maior VI e representaram 4,5 % do nº total de indivíduos amostrados. Um número alto de árvores mortas numa comunidade pode indicar uma transição entre fases sucessionais, onde espécies que já completaram seu ciclo vital estão sendo substituídas por outras de estágio sucessional mais avançado.

No Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Secundária a espécie com maior Valor de Importância foi *Clethra scabra* (TABELA 3), espécie típica de formações florestais secundárias. *Aniba firmula*, espécie secundária tardia, apresentou o segundo maior Valor de Importância, sendo provavelmente remanescente da exploração florestal que ocorreu há 40 anos, apresentando PAP médio de 35,7 cm, bem superior ao das demais espécies que foi de 14,1 cm.

A pioneira *Allophylus edulis*, as secundárias iniciais *Styrax leprosum*, *Lamanonia speciosa*, *Sebastiania commersoniana* e *Ocotea puberula*, e as climáticas *Ocotea porosa* e *Ilex dumosa*, destacaram-se na florística do Fragmento de FOM, apresentando altos Valor de Importância. As árvores mortas apresentaram o oitavo maior valor de importância, representando 4,5 % dos indivíduos amostrados (TABELA 3).

Somente um indivíduo de *Araucaria angustifolia* (TABELA 3) espécie que caracteriza a Floresta Ombrófila Mista, foi encontrado no Fragmento Florestal estudado (Valor de Importância de apenas 5,42). Isto indica a exploração seletiva

ocorrida na área, com a retirada dos indivíduos desta espécie, de alto valor econômico.

No SAF foram amostrados 4 indivíduos de Pinheiro do Paraná, sendo dois deles jovens, com DAP médio de 6,7 cm e 5,5 m de altura, ocupando estratos inferiores. Neste sistema, o VI desta espécie foi de 20,86 (TABELA 2), comprovando-se que o manejo pode permitir o desenvolvimento, além da erva-mate, também de outras espécies de interesse econômico.

TABELA 2 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS (N), DENSIDADE ABSOLUTA (DA), DENSIDADE RELATIVA (DR), DOMINÂNCIA ABSOLUTA (DoA), DOMINÂNCIA RELATIVA (DoR), FREQUÊNCIA ABSOLUTA (FA), FREQUÊNCIA RELATIVA (FR), VALOR DE IMPORTÂNCIA (VI) E VALOR DE COBERTURA (VC) DE ESPÉCIES AMOSTRADAS EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA MATE

Nº	Nome científico	N	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	VI	VC
1	<i>Pitocarpha angustifolia</i>	29	184,13	118,79	3,09	0,15	100,00	7,78	126,72	118,94
2	<i>Ilex paraguariensis</i>	18	114,29	73,73	1,37	0,07	85,71	6,67	80,46	73,80
3	<i>Styrax leprosum</i>	10	63,49	40,96	1,58	0,08	100,00	7,78	48,82	41,04
4	<i>Vernonanthura discolor</i>	10	63,49	40,96	2,45	0,12	85,71	6,67	47,75	41,08
5	Morta	7	44,44	28,67	1,49	0,07	85,71	6,67	35,41	28,75
6	<i>Clethra scabra</i>	7	44,44	28,67	0,25	0,01	71,43	5,56	34,24	28,69
7	<i>Casearia decandra</i>	7	44,44	28,67	1,20	0,06	57,14	4,44	33,18	28,73
8	<i>Casearia obliqua</i>	7	44,44	28,67	0,66	0,03	42,86	3,33	32,04	28,71
9	<i>Ocotea puberula</i>	7	44,44	28,67	0,38	0,02	42,86	3,33	32,03	28,69
10	<i>Cedrela fissilis</i>	6	38,10	24,58	1,46	0,07	57,14	4,44	29,09	24,65
11	<i>Symphypappus compressus</i>	6	38,10	24,58	1,11	0,05	28,57	2,22	26,85	24,63
12	<i>Araucaria angustifolia</i>	4	25,40	16,39	0,70	0,03	57,14	4,44	20,86	16,42
13	<i>Piptocarpa axillaris</i>	4	25,40	16,39	0,48	0,02	42,86	3,33	19,74	16,41
14	<i>Matayba eleagnoides</i>	3	19,05	12,29	0,38	0,02	42,86	3,33	15,64	12,31
15	<i>Allophylus edulis</i>	3	19,05	12,29	0,29	0,01	42,86	3,33	15,64	12,30
16	<i>Lamanonia speciosa</i>	3	19,05	12,29	2,09	0,10	28,57	2,22	14,61	12,39
17	<i>Ocotea porosa</i>	3	19,05	12,29	0,38	0,02	28,57	2,22	14,53	12,31
18	<i>Rollinia emarginata</i>	3	19,05	12,29	0,19	0,01	28,57	2,22	14,52	12,30
19	<i>Ocotea bicolor</i>	2	12,70	8,19	0,38	0,02	28,57	2,22	10,43	8,21
20	<i>Sapium glandulatum</i>	2	12,70	8,19	0,10	0,00	28,57	2,22	10,42	8,20
21	<i>Baccharis oreophila</i>	2	12,70	8,19	0,09	0,00	28,57	2,22	10,42	8,20
22	<i>Ilex dumosa</i>	2	12,70	8,19	0,08	0,00	28,57	2,22	10,42	8,20
23	<i>Myrcia rostrata</i>	1	6,35	4,10	0,25	0,01	14,29	1,11	5,22	4,11
24	<i>Cinnamodendron dinissii</i>	1	6,35	4,10	0,21	0,01	14,29	1,11	5,22	4,11
25	<i>Celtis iguanaeus</i>	1	6,35	4,10	0,07	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
26	<i>Solanum sanctae-katharinae</i>	1	6,35	4,10	0,04	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
27	<i>Ilex theezans</i>	1	6,35	4,10	0,03	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
28	<i>Myrceugenia miersiana</i>	1	6,35	4,10	0,03	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
29	<i>Nectandra lanceolata</i>	1	6,35	4,10	0,02	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
30	<i>Picramnia excelsa</i>	1	6,35	4,10	0,02	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
31	<i>Solanum pseudo-quina</i>	1	6,35	4,10	0,02	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
32	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	6,35	4,10	0,01	0,00	14,29	1,11	5,21	4,10
Total		155	984,13	634,92	20,90		1285,71			

FONTE: O autor (2009).

TABELA 3 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS (N), DENSIDADE ABSOLUTA (DA), DENSIDADE RELATIVA (DR), DOMINÂNCIA ABSOLUTA (DoA), DOMINÂNCIA RELATIVA (DoR), FREQUÊNCIA ABSOLUTA (FA), FREQUÊNCIA RELATIVA (FR), VALOR DE IMPORTÂNCIA (VI) E VALOR DE COBERTURA (VC) DE ESPÉCIES AMOSTRADAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Nº	Nome científico	N	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	VI	VC
1	<i>Clethra scabra</i>	39	247,62	160,79	11,21	0,31	100,00	8,97	170,07	161,10
2	<i>Aniba firmula</i>	12	76,19	49,47	9,64	0,26	85,71	7,69	57,43	49,74
3	<i>Styrax leprosum</i>	10	63,49	41,23	2,90	0,08	71,43	6,41	47,72	41,31
4	<i>Ocotea porosa</i>	9	57,14	37,11	0,92	0,03	71,43	6,41	43,54	37,13
5	<i>Lamanonia speciosa</i>	8	50,79	32,98	1,17	0,03	57,14	5,13	38,14	33,01
6	<i>Sebastiania commersoniana</i>	8	50,79	32,98	0,61	0,02	28,57	2,56	35,56	33,00
7	<i>Ilex dumosa</i>	7	44,44	28,86	0,81	0,02	71,43	6,41	35,29	28,88
8	Morta	7	44,44	28,86	1,72	0,05	42,86	3,85	32,75	28,91
9	<i>Ocotea puberula</i>	6	38,10	24,74	3,09	0,08	71,43	6,41	31,23	24,82
10	<i>Allophylus edulis</i>	6	38,10	24,74	0,28	0,01	57,14	5,13	29,87	24,74
11	<i>Nectandra megapotamica</i>	5	31,75	20,61	0,92	0,03	28,57	2,56	23,20	20,64
12	<i>Ocotea bicolor</i>	4	25,40	16,49	0,43	0,01	42,86	3,85	20,35	16,50
13	<i>Roupala montana</i>	4	25,40	16,49	0,05	0,00	42,86	3,85	20,34	16,49
14	<i>Cedrela fissilis</i>	4	25,40	16,49	0,08	0,00	28,57	2,56	19,06	16,49
15	<i>Symplocos tenuifolia</i>	3	19,05	12,37	0,05	0,00	42,86	3,85	16,22	12,37
16	<i>Ilex theezans</i>	3	19,05	12,37	0,22	0,01	14,29	1,28	13,66	12,37
17	<i>Sapium glandulatum</i>	2	12,70	8,25	0,42	0,01	28,57	2,56	10,82	8,26
18	<i>Solanum pseudo-quina</i>	2	12,70	8,25	0,37	0,01	28,57	2,56	10,82	8,26
19	<i>Symplocos tetrandra</i>	2	12,70	8,25	0,35	0,01	28,57	2,56	10,82	8,26
20	<i>Mimosa scabrella</i>	2	12,70	8,25	0,63	0,02	14,29	1,28	9,54	8,26
21	<i>Araucária angustifolia</i>	1	6,35	4,12	0,42	0,01	14,29	1,28	5,42	4,13
22	<i>Vernonanthura discolor</i>	1	6,35	4,12	0,09	0,00	14,29	1,28	5,41	4,13
23	<i>Ilex brevicuspis</i>	1	6,35	4,12	0,08	0,00	14,29	1,28	5,41	4,13
24	<i>Jacaranda micrantha</i>	1	6,35	4,12	0,05	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
25	<i>Piptocarpha angustifolia</i>	1	6,35	4,12	0,05	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
26	<i>Drymis brasiliensis</i>	1	6,35	4,12	0,02	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
27	<i>Eugenia pyriformis</i>	1	6,35	4,12	0,02	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
28	<i>Matayba elaeagnoides</i>	1	6,35	4,12	0,02	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
29	<i>Myrceugenia miersiana</i>	1	6,35	4,12	0,02	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
30	<i>Psidium cattleianum</i>	1	6,35	4,12	0,02	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
31	<i>Solanum mauritianum</i>	1	6,35	4,12	0,02	0,00	14,29	1,28	5,41	4,12
Total		154	977,78		36,68		1114,29			

FONTE: O autor (2009).

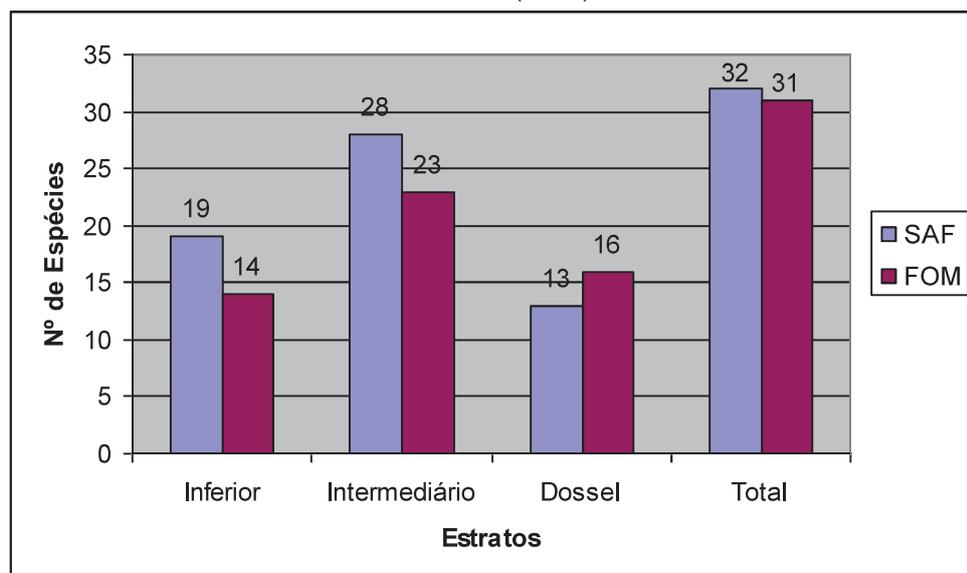
O índice de diversidade de Shannon-Weaver<sup>10</sup> (H') encontrado para o SAF (3,0) foi bastante próximo daquele encontrado para o Fragmento Florestal (2,9), indicando que o manejo realizado no SAF não reduziu a diversidade total de espécies. Durigan (1999) estudando parcelas de Floresta Ombrófila Mista com diferentes níveis de interferência antrópica e estágio sucessional, localizadas em São João do Triunfo na Estação Experimental da UFPR, região sudeste do Paraná,

<sup>10</sup> Este índice considera a proporção com que os indivíduos de cada espécie aparecem na área amostrada.

encontrou valores entre 2,8 e 3,3, sendo o maior valor encontrado na parcela com maior estágio de conservação.

Apesar do SAF e do Fragmento Florestal apresentarem riquezas de espécies muito próximas foi possível verificar diferenças entre as áreas quando analisados os seus estratos. Na FIGURA 5, é possível visualizar que a Floresta apresenta um maior número de espécies no dossel e o SAF nos estratos intermediário e inferior, indicando que a retirada da taquara e o novo raleamento no momento de implantação do SAF, apesar de provocar uma diminuição de riqueza do dossel, favoreceram a diversificação dos estratos inferiores, devido à abertura de espaço e aumento da entrada de luz. Embora não tenha sido efetuado o levantamento da regeneração natural<sup>11</sup>, é possível supor que a sua composição florística esteja sendo alterada pelas roçadas seletivas realizadas todos os anos no SAF, a medida que favorece espécies de interesse, o que pode estar contribuindo para a maior diversificação dos estratos inferiores observadas neste sistema. Um levantamento detalhado da florística da regeneração natural, assim como um acompanhamento ao longo do tempo seria recomendável para compreender melhor a extensão e as conseqüências da roçada seletiva para a dinâmica da sucessão no SAF.

FIGURA 5 – NÚMERO DE ESPÉCIES EM TRÊS ESTRATOS DE SISTEMA AGROFLORESTAL E EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)



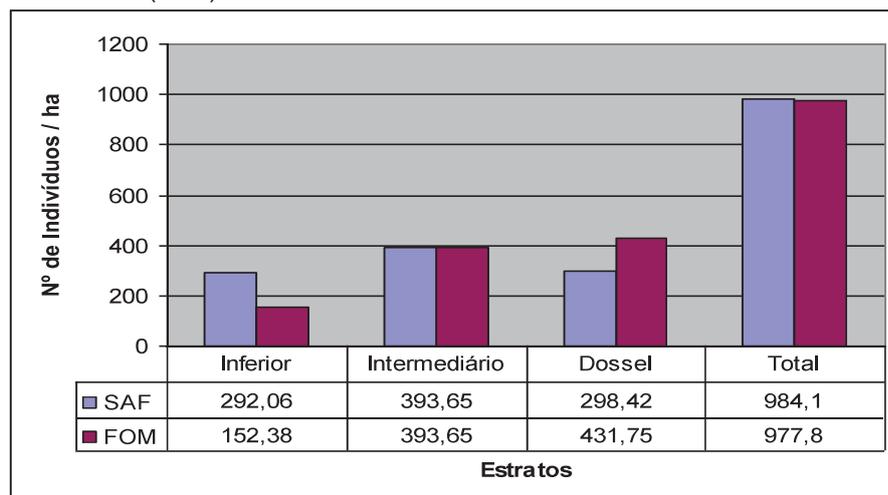
FONTE: O autor (2009).

<sup>11</sup> Foram considerados componentes da “regeneração natural” indivíduos com perímetro à altura do peito inferiores a 15 cm, incluindo plantas herbáceas e arbustivas, além das arbóreas.

Para comparar a florística das duas áreas estudadas calculou-se o Índice de Similaridade de Sorensen Quantitativo<sup>12</sup>, obtendo-se um valor de 0,36, indicando similaridade média entre as comunidades. Diferenças ou semelhanças florísticas, no entanto, devem ser analisadas com cautela, pois diversas espécies podem desempenhar o mesmo papel ecológico, assim como várias espécies podem apresentar grande plasticidade povoando ambientes diferentes ecologicamente (DURIGAN, 2000). As espécies que apresentaram os maiores valores de importância (VI) tanto no SAF quanto na Floresta, respectivamente a *Piptocarpha angustifolia* e a *Clethra scabra*, são ambas espécies típicas de vegetação secundária, desempenhando provavelmente as mesmas funções ecológicas nestes sistemas. O estudo dos efeitos do manejo, principalmente da roçada seletiva e da retirada da taquara, na dinâmica da regeneração natural, no entanto, poderia ser um indicador mais adequado das mudanças futuras anível da comunidade quanto a florística e processos associados.

As densidades estimadas para os sistemas estudados foram próximas: 984 indivíduos por hectare no SAF e 978 no Fragmento Florestal (FIGURA 6). Os resultados observados neste estudo foram superiores aos encontrados por Durigan (1999) para FOM em São João do Triunfo, sudeste do Paraná.

FIGURA 6 – DENSIDADE TOTAL E DENSIDADE DE ESTRATOS DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)



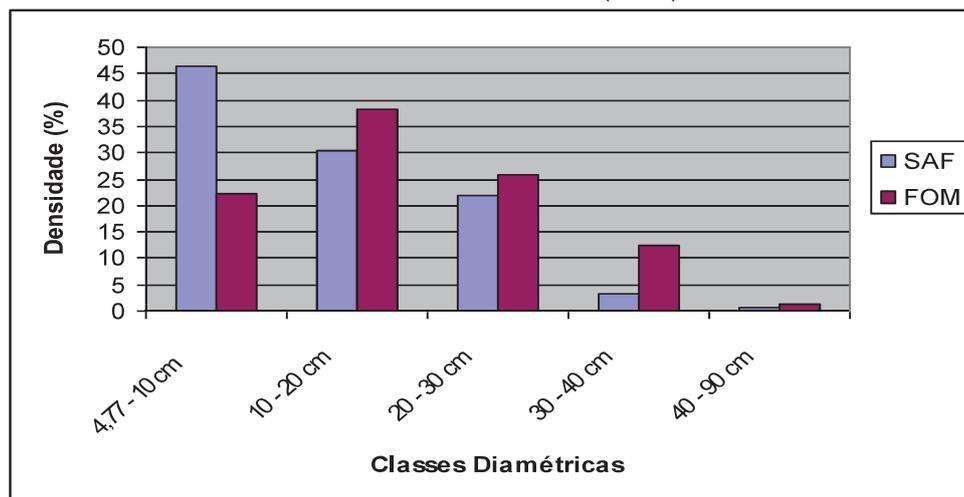
FONTE: O autor (2009).

<sup>12</sup> Este índice considera não apenas a presença ou ausência das espécies, mas também o número de indivíduos das espécies comuns as duas comunidades. Interpretação dos valores: < 0,25 indicam comunidades diferentes quanto as suas florísticas; entre 0,25 e 0,50 similaridade média; > 0,50 alta similaridade entre as comunidades.

Comparando-se a densidade apresentada pelos sistemas em cada um dos estratos verifica-se que o SAF é mais denso no estrato inferior e que a floresta é mais densa no dossel. No estrato intermediário os sistemas apresentaram a mesma densidade (FIGURA 6). Estes resultados demonstraram que a retirada da taquara e o novo raleamento para a implantação do SAF, apesar de diminuir a densidade do dossel favoreceram o adensamento dos estratos inferiores, o que, como mencionado anteriormente, pode estar indicando uma dinâmica sucessional diferenciada no SAF comparativamente ao Fragmento de FOM, cujo estudo seria recomendável. As densidades das espécies em cada um dos estratos podem ser observadas no ANEXO 3.

A área basal total encontrada para o SAF de 20,90 (TABELA 2) foi menor que a encontrada na Floresta de 36,68 (TABELA 3). Todavia, ambas as áreas apresentaram o mesmo padrão estrutural, tendo a maioria dos indivíduos amostrados com até 20 cm (FIGURA 7), indicando regeneração contínua das espécies. O manejo realizado no SAF apesar de ter reduzido área basal total parece não comprometer o desenvolvimento futuro da população, principalmente considerando as alterações observadas nos estratos inferiores.

FIGURA 7 – DISTRIBUIÇÃO EM CLASSES DIAMÉTRICAS DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

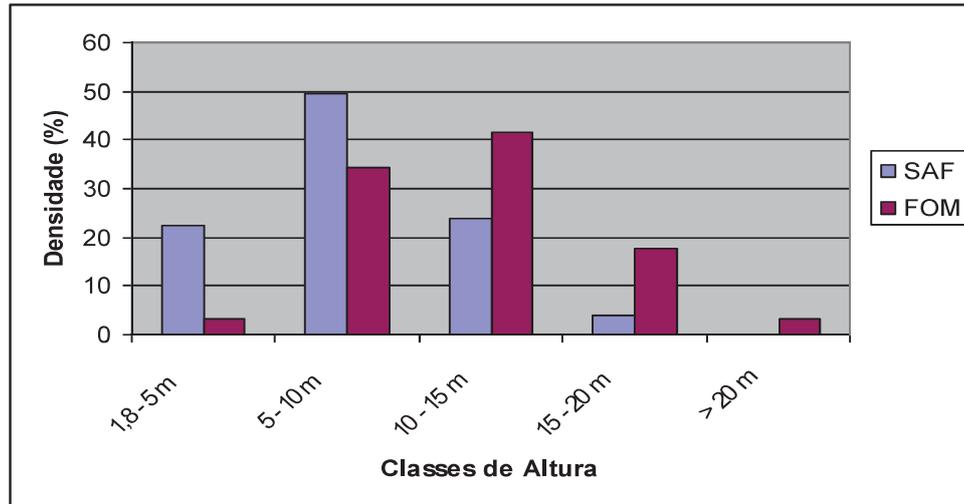


FONTE: O autor (2009).

Quando os indivíduos amostrados são distribuídos em classes de altura as diferenças entre os sistemas se mantêm, apresentando o mesmo comportamento

observado para as classes diamétricas. A área de Floresta apresenta percentual superior de indivíduos nas classes de altura acima de 10 m. Ao contrário do SAF que apresenta uma maior densidade de indivíduos nas classes de altura até 10 m. (FIGURA 8).

FIGURA 8 – DISTRIBUIÇÃO EM CLASSES DE ALTURA DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)



FONTE: O autor (2009).

As podas realizadas a cada dois anos nas erveiras nativas presentes no SAF alteraram a clássica relação entre altura e diâmetro, demonstrando que o manejo reduziu o porte das árvores, mas não suprimiu os seus incrementos em diâmetro. Sendo assim, 83 % dos indivíduos de erva-mate amostrados neste sistema apresentaram altura menor que 5 m, tendo estes em média 2,9 m de altura e 7 cm de diâmetro. Todavia, os indivíduos de outras espécies, no SAF, com até 5 m, apresentaram média de 4,5 m de altura e diâmetro médio de 6,6 cm. O raleamento e a redução das copas das erveiras pela poda podem alterar a entrada de luz e energia no sistema agroflorestal e com isso a resposta de crescimento e as relações diâmetro/altura das demais espécies arbóreas presentes no sistema.

Embora a classificação das fases sucessionais seja assunto controverso e carente de estudos mais detalhados e apesar das diferenças encontradas entre as áreas estudadas, ambas foram classificadas em Estágio Intermediário de Sucessão (CONAMA, 1994) ou Floresta em Estágio Médio de Regeneração ou Formação Florestal Sucessora (Sanquetta, 2006), podendo ser chamadas vulgarmente de

Capoeirão ou Capoeira Alta. Aceitando-se a classificação proposta pode-se concluir que apesar do manejo realizado na área de SAF ter provocado alterações no ambiente não comprometeu a sucessão ecológica comparativamente ao Fragmento Florestal Secundário.

## 5.2 REGENERAÇÃO NATURAL

Roçadas seletivas na regeneração natural vem sendo realizadas anualmente desde a implantação do SAF, objetivando controlar as espécies oportunistas e favorecer o desenvolvimento de espécies arbóreas de interesse. Esta ação vem alterando a composição florística da regeneração natural, assunto que deverá ser priorizado em pesquisas futuras para que se tenha um melhor entendimento da dinâmica do sistema.

Foram considerados componentes da “regeneração natural” indivíduos com perímetro à altura do peito inferiores a 15 cm, incluindo plantas herbáceas e arbustivas, além das arbóreas.

Tendo em vista que a roçada seletiva da regeneração natural adiciona anualmente biomassa verde à serapilheira acumulada sobre o solo, no presente estudo priorizou-se o levantamento da quantidade e a análise dos teores de macronutrientes desta biomassa, visando estimar sua contribuição à ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta.

Os teores médios de macronutrientes encontrados nas frações folhas e ramos da biomassa da regeneração (roçada) podem ser observados na TABELA 4. Maiores detalhes da análise de variância podem ser observados no ANEXO 2.

TABELA 4 – TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DA REGENERAÇÃO NATURAL DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE

Fração <sup>1</sup>	N	P	K <sup>2</sup>	Ca	Mg
	.....gkg <sup>-1</sup> .....				
Folhas	17,93 a	1,37 a	13,91 ns	9,11 a	2,03 a
Ramos	7,75 b	0,83 b	11,58 ns	5,00 b	1,29 b

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

NOTA<sup>2</sup>: A análise de variância não indicou diferenças significativas ao nível de 5%.

A fração folhas apresentou as maiores médias para todos os macronutrientes, diferindo significativamente da fração ramos para N, P, Ca e Mg. Para o K não foram observadas diferenças entre as frações.

A matéria seca total e das frações da biomassa da regeneração do SAF encontram-se na TABELA 5. A maior parte da massa seca foi composta pelas folhas, embora não tenham sido observadas diferenças estatisticamente significativas entre as médias das frações folhas e ramos.

TABELA 5 – MÉDIAS DE MATERIA SECA E MACRONUTEIANTES (kgha<sup>-1</sup>) EM FRAÇÕES E NO TOTAL DA REGENERAÇÃO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE

Fração <sup>1</sup>	MS	N	P	K <sup>2</sup>	Ca	Mg <sup>2</sup>
	Kgha <sup>-1</sup>					
Folhas	1.043,02 ns	18,77 a	1,43 a	14,62 ns	9,30 a	2,11 ns
Ramos	971,71 ns	7,57 b	0,82 b	11,52 ns	4,93 b	1,32 ns
Total	2.014,73	26,34	2,25	26,14	14,22	3,43

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

NOTA<sup>2</sup>: A análise de variância não indicou diferenças significativas ao nível de 5%.

Houve diferenças significativas entre as frações para as quantidades de N, P e Ca, (TABELA 5) sendo encontradas as maiores médias na fração folhas. As quantidades de K e Mg não diferiram entre as frações. A biomassa das folhas, em geral, contem mais nutrientes que ramos ou galhos, o que, associado a maior quantidade presente no material roçado, resultou em maiores quantidades de nutrientes aportados ao solo. As diferenças são expressivas, da ordem de duas vezes para o N, P e Ca, e até para o Mg, indicando a importância desta fração para a reciclagem de nutrientes dentro do sistema agroflorestal. Esta informação também é muito importante para o agricultor, que pode decidir o melhor momento de fazer a roçada, em função da maior ou menor proporção de folhas em relação ao material mais estrutural (ramos e galhos) presentes no sistema. Estudos mais detalhados da composição mineral das espécies que compõe a “regeneração natural” também são importantes e devem ser priorizadas em pesquisas futuras, pois vão permitir ao agricultor, através da roçada seletiva, manejar o nutriente mais importante para o sistema em determinado momento. Pode-se, através do manejo, favorecer o desenvolvimento de espécies mais ricas em determinado nutriente como por exemplo, espécies da família das leguminosas, ricas em nitrogênio, bastante

importante para a erva-mate (Reissmann *et al.*, 1985; Campos, 1991; Quadros; Reissmann; Radomski, 1992; Reissmann e Prevedello, 1992).

### 5.3 SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO

Na TABELA 6, encontram-se as quantidades de matéria seca da serapilheira acumulada sobre o solo dos dois sistemas e nas frações folhas, miscelânea e ramos. A maior média total foi observada no Fragmento de FOM, diferindo significativamente da área de SAF. Caldeira (2003) verificou média de 7.990 kg $ha^{-1}$  em Floresta Ombrófila Mista localizada no Município de General Carneiro, sudeste do Paraná, valor semelhante aos observados neste trabalho.

TABELA 6 – MÉDIAS DE MATÉRIA SECA TOTAIS E DE FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Sistema	Folhas	Miscelânea	Ramos	Total
	.....kg $ha^{-1}$ .....			
SAF	2.107,1 Aa	3.052,9 Aa	1.930,4 Bb	7.090,4 b
FOM	1.216,13 Ca	3.021,90 Ba	4.391,14 Aa	8.629,17 a

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A fração miscelânea do SAF representou 43,06 % do total, seguida da fração folhas (29,72 %) e ramos (27,23 %), embora a única diferença estatisticamente significativa tenha sido dos ramos em relação às outras frações (TABELA 6).

Já no Fragmento Florestal as diferenças entre as frações quanto às quantidades de serapilheira acumulada sobre o solo foram estatisticamente significativas (TABELA 6), sendo que a fração ramos representou 51 % do total, a miscelânea representou 35 % e as folhas apenas 14 %.

Embora sem diferenças estatísticas significativas, observou-se um maior acúmulo de folhas no SAF, comparativamente ao Fragmento Florestal (TABELA 6), o que deve estar relacionado à roçada da regeneração natural realizada anualmente naquele sistema. Para o ano de 2008 estimou-se que a roçada adicionou 1.043 kg $ha^{-1}$  de folhas (TABELA 5) à serapilheira no SAF. A maior densidade e diversificação dos estratos inferiores provocados pelo raleamento do dossel para o

plântio das erveiras (FIGURA 5 e 6), também podem estar provocando uma maior deposição de folhas no SAF.

Foram observadas diferenças significativas entre os sistemas apenas quanto às quantidades de ramos. As maiores médias foram observadas no Fragmento Florestal em função do aporte de grande quantidade de biomassa, sobretudo de colmos da taquara (*Merostachys multiramea*) em final de ciclo. Os colmos, contabilizados na fração ramos contribuíram para a elevação da média total de serapilheira acumulada no Fragmento Florestal, justificando as diferenças significativas entre os sistemas.

Na TABELA 7 são apresentadas as médias dos dois sistemas quanto aos teores de N, P, Ca e Mg presentes na serapilheira acumulada, pois a análise de variância (ANEXO 2) não indicou diferenças significativas entre ambos.

TABELA 7 – TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO (MÉDIAS DOS SISTEMAS AVALIADOS)

Frações de Serapilheira <sup>1</sup>	N	P	Ca <sup>2</sup>	Mg
	.....gkg <sup>-1</sup> .....			
Folhas	17,62 a	1,24 a	7,48 ns	2,16 a
Miscelânea	17,46 a	1,31 a	7,42 ns	1,72 ab
Ramos	10,20 b	0,78 b	6,09 ns	1,28 b

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: A Análise de Variância não indicou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Para o Ca (TABELA 7) não foram observadas diferenças significativas nem mesmo entre as frações. Brites et al (1992) estudando serapilheira depositada anualmente em Floresta Ombrófila Mista em São Mateus do Sul, sudeste do Paraná, encontrou maior concentração deste nutriente na fração ramos relativamente as demais frações avaliadas. O Ca compõe as paredes celulares das plantas, não sendo redistribuído dos órgãos mais velhos para os mais jovens e ativos fisiologicamente, razão pela qual pode acumular-se nos galhos e madeira (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997). Os resultados obtidos no presente estudo podem estar relacionados à grande presença de indivíduos jovens compondo a florística das áreas, depositando ramos ainda em estágio inicial de desenvolvimento. Ou ainda pode ser devido ao fato de parte das frações folhas e miscelânea terem sido encontradas em estágio avançado de decomposição aonde o Ca tende a

concentrar-se mais do que outros nutrientes. Duarte (2009), estudando árvores sob sistemas agroflorestais na Mata Atlântica, verificou que os materiais aportados pelas espécies possuem dinâmicas de decomposição e liberação de nutrientes diferentes, mas de modo geral o K foi disponibilizado mais rapidamente do resíduo para o solo e o Mg e o Ca de forma mais lenta.

A fração ramos apresentou os menores teores médios para N, P, Ca e Mg (TABELA 7), diferindo significativamente das demais frações quanto aos teores de N e P e apenas da fração folhas quanto aos teores de Mg.

As folhas apresentaram os maiores teores de N, Ca e Mg (TABELA 7), demonstrando a importância desta fração para a qualidade nutricional da serapilheira acumulada. A miscelânea apresentou teores próximos aos das folhas para estes nutrientes e o maior teor de P (TABELA 7), o que era esperado, pois esta fração foi composta por flores, frutos, excrementos ou mesmo partes de insetos e outros animais, raízes finas e material em estágio avançado de fragmentação.

Foram observadas diferenças significativas quanto aos teores médios de K entre os sistemas e entre as frações (TABELA 8).

No Fragmento de FOM (TABELA 8), as três frações apresentaram diferenças significativas entre si, tendo a fração folhas a maior média de K, seguida pela miscelânea e por último os ramos. No SAF (TABELA 8), a fração folhas também apresentou a maior média de K, diferindo estatisticamente das demais. Neste sistema as frações miscelânea e ramos não apresentaram diferenças significativas entre si, sendo a média dos ramos, no entanto um pouco maior.

TABELA 8 – TEORES MÉDIOS DE POTÁSSIO EM FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Frações de Serapilheira <sup>1</sup>	Sistema <sup>2</sup>	
	SAF	FOM
Potássio (gkg <sup>-1</sup> )		
Folhas	1,87 Aa	1,39 Ba
Miscelânea	1,10 Ab	0,95 Ab
Ramos	1,11Ab	0,69 Bc

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando-se os sistemas, observaram-se diferenças significativas quanto aos teores de K das folhas e ramos (TABELA 8) que foram maiores no SAF, o que pode estar relacionado à contribuição da roçada da regeneração natural (TABELA 4). Para o ano de 2008 estimou-se que as folhas e ramos aportados, através da roçada da regeneração, adicionaram respectivamente 14,62 e 11,52 kg ha<sup>-1</sup> de K à serapilheira no SAF (TABELA 5). Diferenças nutricionais entre as espécies que compõem as florísticas dos sistemas podem também ter contribuído para que os maiores teores de K fossem observados na serapilheira do SAF. Caldeira (2003) analisando a Floresta Ombrófila Mista, no sudeste do Paraná, verificou grandes variações de teores e no índice de eficiência de macronutrientes entre 39 espécies estudadas.

Na TABELA 9, são apresentadas as quantidades totais de macronutrientes na serapilheira. No SAF, as quantidades totais seguiram a ordem N > Ca > Mg > K > P. No Fragmento de FOM o P assumiu a posição do K.

TABELA 9 – QUANTIDADES DE NITROGÊNIO (N), FÓSFORO (P), POTÁSSIO (K), CÁLCIO (Ca) E MAGNÉSIO (Mg), EM kg ha<sup>-1</sup> EM FRAÇÕES E NO TOTAL DE SERAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Frações de Serapilheira <sup>1</sup>	Sistema <sup>2</sup>			
	SAF		FOM	
	N		P	
.....kg ha <sup>-1</sup> .....				
Folhas	35,40 Aa	22,39 Ab	2,34 Aa	1,69 Ab
Miscelânea	54,51 Aa	51,86 Aa	3,62 Aa	4,29 Aa
Ramos	19,08 Bb	46,1 Aa	1,48 Bb	3,4 Aa
Total	109 ns <sup>3</sup>	120,35 ns	7,45 B	9,37 A

Frações de Serapilheira <sup>1</sup>	Sistema <sup>2</sup>					
	SAF		FOM		SAF	
	K		Ca		Mg	
.....kg ha <sup>-1</sup> .....						
Folhas	3,98 Aa	1,64 Bb	16,61 Aab	8,77 Ac	4,59 Ab	2,61 Bc
Miscelânea	3,38 Aab	2,79 Aab	24,03 Aa	21,22 Aab	4,82 Aa	5,59 Aa
Ramos	2,21 Ab	3,07 Aa	13,08 Bb	23,24 Aa	2,12 Bc	6,43 Aab
Total	9,57 A	7,50 B	53,72 ns	53,23 ns	11,52 B	14,64 A

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>3</sup>: A análise de variância não indicou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

No SAF (TABELA 9), a fração miscelânea apresentou as maiores quantidades de N, P, Ca e Mg, diferindo estatisticamente das demais frações (quanto aos teores de Mg) e da fração ramos (quanto aos teores de N, P e Ca). A fração folhas apresentou a maior quantidade de K e as segundas maiores quantidades de N, P, Ca e Mg, diferindo estatisticamente da fração miscelânea (quanto as quantidades de Mg) e da fração ramos (quanto as quantidades de todos os macronutrientes, exceto para o Ca). A fração ramos apresentou as menores quantidades para todos os macronutrientes, diferindo estatisticamente das demais frações, exceto para o Ca que diferiu significativamente apenas da fração miscelânea.

No Fragmento Florestal (TABELA 9), a fração ramos contribuiu com as maiores quantidades de K, Ca e Mg na serapilheira. A fração miscelânea apresentou as segundas maiores quantidades para estes nutrientes, assumindo a posição dos ramos quanto as quantidades de N e P. A fração folhas apresentou as menores quantidades de todos os macronutrientes, diferindo significativamente das demais frações (em relação ao N, P, Ca e Mg) e dos ramos (em relação ao K).

Tanto no SAF quanto na Floresta as quantidades de nutrientes foram mais fortemente influenciadas pela quantidade de matéria seca do que pelos teores. Sendo assim, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os sistemas na fração ramos quanto as quantidades de N, P, Ca e Mg (TABELA 9), sendo as maiores médias encontradas no Fragmento de FOM, devido as maiores quantidades de colmos depositados sob o solo deste sistema (TABELA 6) em virtude do final do ciclo natural da taquara.

Os sistemas apresentaram diferenças significativas também quanto às quantidades de K na fração folhas (TABELA 9), sendo a maior média observada no SAF, pois este sistema apresentou o maior acúmulo de folhas comparativamente ao Fragmento Florestal (TABELA 8), bem como o maior teor de K nesta fração (TABELA 7), relacionado principalmente às contribuições da roçada da regeneração natural (TABELA 5), a maior diversidade e densidade de espécies nos estratos inferiores do SAF (FIGURAS 4.1 e 4.2).

As diferenças observadas entre os sistemas quanto às quantidades de nutrientes nas frações obviamente determinaram as diferenças entre estes quanto às quantidades totais de serapilheira. Sendo assim, as maiores quantidades totais de N, P e Mg foram encontradas no Fragmento Florestal, diferindo estatisticamente

do SAF para as quantidades de P e Mg. As quantidades totais de Ca e K foram superiores no SAF, diferindo estatisticamente do Fragmento de FOM para o K. Estudos mais detalhados da decomposição da serapilheira poderão levar a uma melhor compreensão da dinâmica do processo de entrada de nutrientes através deste fluxo.

## 5.4 COLHEITA DA ERVA-MATE

### 5.4.1 Produtividade do erval

A massa verde colhida no inverno de 2008 no SAF totalizou 2.977,79 kg $ha^{-1}$  sendo composta de folhas, ramos finos e ramos grossos (TABELA 10), representando a produção de uma população estimada de 1.100 plantas de 8 anos (introduzidas) e mais 114 árvores nativas adultas com DAP médio de 7 cm e altura média de 2,9 m por hectare. Essas erveiras convivem com 869,84 árvores de outras espécies com DAP superiores a 4,77 cm no mesmo hectare.

TABELA 10 – MASSA VERDE (kg $ha^{-1}$ ) DO TOTAL E DE FRAÇÕES DA COLHEITA DE ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL

Folhas	Ramos finos (até 2,5 cm)	Ramos grossos (> 2,5 até 10 cm)	Total
.....kg $ha^{-1}$ .....			
1.200,36	704,41	1.073,02	2.977,79

FONTE: O autor (2009).

Somando-se as folhas (1.200,36 kg $ha^{-1}$ ) e os ramos finos (704,41 kg $ha^{-1}$ ) tem-se um total de 1.654,46 kg $ha^{-1}$  de massa verde comercializável (TABELA 10). Considerando o preço médio praticado na região de União da Vitória de R\$ 0,43 o kg (SEAB, 2009) seria possível auferir uma renda bruta de R\$ 711,42 por hectare a cada dois anos.

Tendo em vista que a produtividade do erval tende a se elevar com a idade, certamente, a colheita da erva-mate ganhará cada vez mais importância na composição da renda da família. O SAF oferece, ainda, outras possibilidades de renda como a retirada de lenha, madeira e o desenvolvimento da apicultura.

Santin (2008) verificou em erval de 7 anos adensado em remanescente de Floresta Ombrófila Mista em São Mateus do Sul – PR uma produção de 4.514 kg $ha^{-1}$  de massa verde comercializável. Contudo, a maior produção observada por este

autor deveu-se às maiores densidades de erva-mate nativa (1.284 plantas/ha) e de introduzidas (1.874 plantas/ha), além da baixa densidade de outras espécies (240 árvores/hectare), o que reduziu a competição por recursos naturais, sobretudo por luz.

Vierira *et al.* (2003) e Rakocevic *et al.* (2006) comparando ervais plantados a pleno sol e sombreados por remanescente de Floresta Ombrófila Mista, comprovaram a influência dos níveis de luminosidade sobre variáveis de produtividade da erva-mate, indicando que as maiores produções são obtidas em ambientes com maiores níveis de luminosidade.

Um maior raleamento do dossel do SAF seguido de maior adensamento com erva-mate poderia elevar mais rapidamente a produtividade do erval em detrimento da diversidade e estrutura do ambiente. Outro aspecto diz respeito aos efeitos do aumento da luminosidade na qualidade da erva produzida, questão ainda não resolvida pela pesquisa (Rachwal *et al.*, 2000).

O Sistema Agroflorestal objeto deste estudo, demonstrou ser uma alternativa de diversificação econômica da unidade produtiva familiar, conservando características estruturais similares ao do Fragmento Florestal (ver item 5.1) com todos os benefícios ambientais indiretos.

#### 5.4.2 Matéria seca, teor e quantidades de macronutrientes da erva-mate

As médias de matéria seca total e de frações da colheita da erva-mate estão apresentadas na (TABELA 11).

TABELA 11 – MÉDIAS DE MATÉRIA SECA TOTAL E DE FRAÇÕES DA COLHEITA DE ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL

Folhas	Ramos finos (até 2,5 cm)	Ramos grossos (> 2,5 até 10 cm)	Total
.....kg <sub>ha</sub> <sup>-1</sup> .....			
454,1 a	269,66 b	450,58 a	1.174,34

FONTE: O autor (2009).

NOTA: Médias seguidas de letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

A maior média foi observada na fração folhas (38,7 % do total), equiparando-se estatisticamente a fração ramos grossos (38,4 %). A fração ramos finos

apresentou a menor média (23,0 %), diferindo significativamente das demais frações.

Os teores médios de macronutrientes encontrados da biomassa da erva-mate encontram-se na TABELA 12. As folhas apresentaram os maiores teores médios de todos os nutrientes, diferindo significativamente das demais frações quanto aos teores de N, P, K e Mg, sendo os teores de Ca iguais estatisticamente aos da fração ramos finos. Os ramos grossos apresentaram as menores médias de todos os nutrientes, diferindo significativamente das demais frações, exceto para o N, cujos teores foram estatisticamente iguais aos encontrados nos ramos finos.

TABELA 12 – TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DA COLHEITA DA ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL

Frações	N	P	K	Ca	Mg
	gkg <sup>-1</sup>				
Folhas	19,02 a	1,22 a	12,85 a	5,45 a	4,39 a
Ramos finos (até 2,5 cm)	6,93 b	0,59 b	9,46 b	4,64 a	2,09 b
Ramos grossos (> 2,5 até 10 cm)	4,31 b	0,40 c	6,51 c	1,82 b	0,87 c

FONTE: O autor (2009).

NOTA: Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Wisniewski et al. (1996) analisando os teores de macronutrientes no produto da primeira poda de formação de erva-mate aos 22 meses, também verificaram as maiores médias nas folhas, exceto para o K que apresentou maior média nos galhos. Reissman et al. (1983) também observaram diferenças entre folhas e hastes quanto aos teores de nutrientes, sendo as médias superiores encontradas nas folhas, exceto para o Ca.

Diversos fatores podem influenciar os teores médios de macronutrientes presentes na biomassa da erva-mate, entre os quais se destacam a qualidade do sítio (Fossati, 1997); a época de colheita (Reissmann *et al.*, 1985; Campos, 1991), o nível de sombreamento (Quadros; Reissmann; Radomski, 1992), a calagem (Reissmann e Prevedello, 1992) e a adubação (Zampier, 2001; Santin, 2008), sendo difícil a comparação entre estudos realizados sob condições diferentes. Entretanto, foi possível concluir que os resultados deste trabalho não são discrepantes daqueles apresentados por Reissmann et al. (1983, 1985); Campos (1991); Radomski et al. (1992); Wisniewski et al. (1996); Fossati (1997); Santin (2008).

A quantidade de macronutrientes presentes na biomassa (TABELA 13) foi influenciada mais fortemente pelas médias de matéria seca (TABELA 11) do que pelos teores (TABELA 12) por isso observou-se nas folhas as maiores quantidades de nutrientes, diferindo significativamente das demais frações. Os ramos finos e ramos grossos apresentaram quantidades de N, P, K e Mg muito próximas, equiparando-se estatisticamente. As quantidades de Ca diferiram significativamente entre as frações, sendo as maiores médias observadas na fração folhas, seguida pelos ramos finos e por último os ramos grossos.

A seqüência das quantidades de nutrientes em ordem decrescente, para todas as frações foi: N > K > Ca > Mg > P, a mesma encontrada por Wisniewski et al. (1996).

As folhas e ramos finos são comercializadas exportando quantidades consideráveis de nutrientes. Reissmann et al. (1985), observaram que as exportações pela colheita da erva-mate foram superiores a outras espécies florestais, aproximando-se das taxas de exportação de cultivos agrícolas.

TABELA 13 – QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES (kg ha<sup>-1</sup>) EM FRAÇÕES E NO TOTAL DA COLHEITA DE ERVA-MATE SOB SISTEMA AGROFLORESTAL

Fração	N	P	K	Ca	Mg
	kha <sup>-1</sup>				
Folhas	8,50 a	0,55 a	5,75 a	2,49 a	2,08 a
Ramos finos (até 2,5 cm)	1,81 b	0,16 b	2,53 b	1,24 b	0,61 b
Ramos grossos (> 2,5 até 10 cm)	1,96 b	0,18 b	2,91 b	0,81 c	0,40 b
Total	12,27	0,89	11,19	4,54	3,08

FONTE: O autor (2009).

NOTA: Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Os ramos grossos são resíduos da colheita que geralmente ficam amontoados no erval, fazendo com que o retorno dos nutrientes ao sistema seja lento e concentrado.

A indústria ervateira utiliza as folhas e parte dos ramos, produzindo um resíduo denominado “palito”. Lourenço e Medrado (1998) comparando a influência na produtividade de erva-mate de dois tipos de cobertura provenientes de resíduos industriais típicos da região de São Mateus do Sul (serragem e “palitos de erva-mate”) e dois tipos produzidos como cultura intercalar (gramínea e leguminosa), na presença e ausência de adubação, não encontraram diferenças estatísticas entre os tratamentos. O resultado apresentado por estes autores alerta para o potencial deste

resíduo como fonte alternativa para a reposição dos nutrientes exportados através da colheita da erva-mate. Neste sentido estudos futuros que se destinem ao conhecimento da dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes dos palitos (resíduos industriais) e dos ramos grossos (resíduos de colheita) e poderiam subsidiar a proposição de manejos mais adequados, visando à reposição e o melhor aproveitamento dos nutrientes destes resíduos pelo erval.

## 5.5 FÍSICA DOS SOLOS

Os solos do Fragmento Florestal e do SAF não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as profundidades quanto à granulometria (ANEXO 2), sendo apresentadas na TABELA 14 as médias das três profundidades para estes sistemas.

Os solos das duas áreas estudadas foram classificados, de acordo com EMBRAPA (2006) como muito argilosos. Todavia, o solo sob SAF apresentou teores significativamente superiores de argila e o solo sob o Fragmento Florestal, significativamente maiores teores de areia (TABELA 14). Não houve diferenças quanto aos teores de silte.

TABELA 14 – TEORES MÉDIOS DE AREIA, SILTE E ARGILA EM SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE - SAF E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA – FOM (MÉDIAS DAS PROFUNDIDADES 0 A 5, 5 A 10 E 10 A 20 cm)

Sistema	Areia <sup>1</sup>	Silte <sup>2</sup>	Argila <sup>1</sup>
	.....gkg <sup>-1</sup> .....		
SAF	50,4 b	255,8 ns	693,8 a
Floresta	86,2 a	292,4 ns	621,4 b

FONTE: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5% pela análise de variância.

NOTA<sup>2</sup>: Não houve diferenças significativas entre as médias pela análise de variância ao nível de 5% de probabilidade.

Tanto as parcelas alocadas no SAF quanto no Fragmento Florestal estão sob Cambissolos Háplicos e relevo ondulado. Contudo, a campo, foi possível observar diferenças morfológicas, sendo os solos sob Fragmento de FOM um pouco menos desenvolvidos, apresentando menor profundidade e quantidades maiores de

material de origem<sup>13</sup> em estágio avançado de intemperização, fato que poderia explicar a média superior da fração areia neste sistema.

A matéria orgânica influencia características químicas, físicas e biológicas do solo, sendo componente chave para a sua qualidade e conseqüentemente para a sustentabilidade dos sistemas no médio e longo prazo (Silva e Mendonça, 2007). Os valores de MOS observados tanto no SAF quanto no Fragmento Florestal (ANEXO 4, TABELA 15) foram considerados altos (Serrat; Krieger; Motta, 2006), não apresentando diferenças estatisticamente significativas (ANEXO 2) o que está relacionado à manutenção da serapilheira acumulada sobre o solo (TABELA 6) e provavelmente a morte das raízes da taquara no Fragmento Florestal e da regeneração natural no SAF.

As médias de MOS dos dois sistemas para as três profundidades foram estatisticamente diferentes entre si (TABELA 15), sendo a maior média encontrada na camada superficial, seguida da média da profundidade 5 a 10 cm e por último a camada de 10 a 20 cm, indicando a tendência de redução dos teores com o aumento da profundidade, confirmando a importância da decomposição da serapilheira para a incorporação da matéria orgânica ao solo.

TABELA 15 – MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MOS), DENSIDADE DE PARTÍCULA E DENSIDADE DO SOLO E POROSIDADE TOTAL, EM TRÊS PROFUNDIDADES DO SOLO (MÉDIAS DOS SISTEMAS AVALIADOS)

Profundidade	MOS <sup>1</sup>	Densidade de Partícula	Densidade do Solo	Porosidade Total
	.....gdm <sup>-3</sup> .....	.....kgdm <sup>-3</sup> .....		....m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ....
0 a 5 cm	24,29 a	2,50 b	0,66 b	0,74 a
5 a 10 cm	20,66 b	2,57 ab	0,83 a	0,67 b
10 a 20 cm	16,94 c	2,62 a	0,90 a	0,65 b

FONTE: O autor (2009).

NOTA: Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

NOTA<sup>1</sup>: Carbono Orgânico Total multiplicado por 0,58.

A densidade de partículas (DP) depende da composição do material de origem do solo, entretanto a presença de matéria orgânica diminui consideravelmente o seu valor (Kiehl, 1979). Sendo assim, os valores de DP encontrados no SAF e no Fragmento Florestal (ANEXO 4), foram baixos, não

<sup>13</sup> Os solos estudados estão sob o substrato geológico formado pelo Derrame de Trapp da Formação Serra Geral, predominando as rochas riolitos e riodacitos que foram diferenciadas do magma original, sendo enriquecidas por sílica (Minerais do Paraná S/A, 2001).

diferindo significativamente entre si (ANEXO 2). As médias dos sistemas apresentaram valores crescentes com o aumento da profundidade, sendo a camada de 10 a 20 cm diferente significativamente da camada do solo mais superficial (TABELA 15).

A densidade do solo (DS) depende da natureza, das dimensões e da forma como se acham dispostas as suas partículas (Kihel, 1979), podendo ser alterada em função do uso do mesmo (Silva, Silva e Ferreira, 2005; Portugal et al., 2008). Os valores de DS apresentados pelos sistemas foram bastante baixos (ANEXO 4) e estatisticamente similares entre si (ANEXO 2), indicando que o manejo realizado no SAF não provocou impacto sobre este atributo do solo. As médias de DS dos sistemas, assim como as médias de densidade de partículas se elevaram com o aumento da profundidade (TABELA 15), sendo a menor média verificada na camada de 0 a 5 cm, sendo esta diferente significativamente das demais camadas, demonstrando a influência da presença da MOS na redução da densidade.

Os solos sob SAF e sob Fragmento Florestal não apresentaram diferenças significativas quanto ao volume total de poros (ANEXO 2). Para os dois sistemas o maior volume total de poros (TABELA 15) foi observado na camada de 0 a 5 cm, diminuindo com o aumento da profundidade, o que está relacionado ao aumento de argila (ANEXO 4) e diminuição da matéria orgânica do solo (TABELA 15).

Com relação à microporosidade e a macroporosidade dos solos a análise de variância (ANEXO 2) indicou haver diferenças significativas entre os sistemas, entre as profundidades e interação entre os fatores analisados.

No SAF, o volume de microporos (TABELA 16) se elevou com o aumento da profundidade, sendo a maior média encontrada na camada de 10 a 20 cm, diferindo significativamente das camadas mais superficiais. No Fragmento Florestal, a camada de 10 a 20 cm também apresentou maior volume de microporos (TABELA 16), todavia diferenciou-se significativamente apenas da camada de 5 a 10 cm, sendo estatisticamente igual à camada de 0 a 5 cm.

A microporosidade média dos dois sistemas diferenciaram-se estatisticamente nas camadas 0 a 5 e 5 a 10 cm, sendo os maiores valores encontrados no Fragmento Florestal (TABELA 16).

TABELA 16 – MACRO E MICROPOROSIDADE EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLOS SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Profundidade	Sistema			
	SAF	Floresta	SAF	Floresta
	Macroporosidade		Microporosidade	
	.....m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> .....			
0 a 5 cm	0,41 Aa	0,34 Ba	0,33 Bb	0,39 Aab
5 a 10 cm	0,32 Ab	0,3 Aab	0,35 Bb	0,38 Ab
10 a 20 cm	0,24 Ac	0,24 Ab	0,41 Aa	0,42 Aa

FONTES: O autor (2009).

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao contrário dos microporos, os maiores volumes de macroporos foram encontrados na camada superficial, observando-se um decréscimo dos valores com o aumento da profundidade tanto no SAF quanto no Fragmento Florestal. No SAF as três profundidades se diferenciam estatisticamente entre si. E na Floresta a camada de 0 a 5 cm é estatisticamente igual a camada de 5 a 10 cm, diferindo significativamente apenas da camada de 10 a 20 cm.

A comparação de médias indicou ainda que os sistemas diferenciam-se significativamente quanto a macroporosidade em suas camadas de 0 a 5 cm, sendo as maiores médias encontradas no SAF (TABELA 16).

O volume total e a relação entre macro e microporos do solo depende da sua estrutura, que por sua vez é determinada pela textura, pela quantidade e qualidade da matéria orgânica, pela biologia do solo (Kiehl, 1979) e pelo manejo empregado (Silva, Silva, Ferreira, 2005; Portugal *et al.*, 2008). Estudos a respeito da qualidade da matéria orgânica, da estrutura dos solos e análises biológicas poderiam ajudar a explicar as diferenças entre os sistemas quanto à micro e macroporosidade observadas neste estudo.

Tendo em vista os altos teores de argila e matéria orgânica, baixas densidades e altos volumes de poros observados, é possível inferir que tanto o solo sob Fragmento Florestal quanto o solo sob SAF não apresentaram qualquer tipo de restrição física ao desenvolvimento das raízes, apresentando boa drenagem, capacidade de retenção de água e boas condições de aeração, indicando que o manejo realizado no SAF não prejudicou estes atributos físicos do solo.

## 5.6 QUIMICA DOS SOLOS

Os solos do SAF e do Fragmento Florestal apresentaram valores médios (TABELA 17) de acidez considerados muito baixos e médias de Al trocável consideradas altas (Serrat; Krieger; Motta, 2006), não sendo observadas diferenças estatísticas nem entre os sistemas nem entre as profundidades. Esta relação negativa entre acidez do solo e valores de alumínio trocável é clássica e esperada (Kiehl, 1979).

A Capacidade de Troca de Cátions a pH 7 (TABELA 17), também não diferiu entre os sistemas, nem entre as profundidades, apresentando médias altas (Serrat; Krieger; Motta, 2006), sendo consequência dos altos teores de argila (TABELA 14) e de matéria orgânica (TABELA 15) presentes nos solos (Noavia *et al.*, 2007).

As médias de saturação por alumínio (TABELA 18) observadas foram muito altas (Serrat; Krieger; Motta, 2006), não sendo encontradas diferenças significativas entre os sistemas, apenas entre as profundidades. A camada de 0 a 5 cm apresenta a menor média observada, diferindo significativamente das médias das camadas sub-superficiais, demonstrando a tendência deste atributo em se elevar com o aumento da profundidade, o que está relacionado a diminuição da matéria orgânica do solo (TABELA 15).

TABELA 17 – MÉDIAS DE pH, TEORES DE ALUMÍNIO ( $Al^{3+}$ ), ACIDEZ POTENCIAL (H + AL), E CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA A pH 7 ( $CTC_{a\ pH\ 7}$ ) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO SOB SISTEMA GROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Identificação	pH		$Al^{3+}$	H + Al	$CTC_{a\ pH\ 7}$	
	CaCl <sub>2</sub>	SMP				
SAF	0 a 5 cm	3,89	4,57	2,94	14,47	18,67
	5 a 10 cm	3,87	4,54	3,5	14,76	17,20
	10 a 20 cm	3,93	4,66	3,2	14,86	16,67
FOM	0 a 5 cm	3,83	4,50	3,31	15,73	18,54
	5 a 10 cm	3,86	4,54	3,54	14,74	16,69
	10 a 20 cm	3,93	4,57	3,41	14,74	16,30

FONTE: O autor (2009).

Os teores de cálcio e nitrogênio não diferiram significativamente entre os sistemas, somente entre as profundidades analisadas (ANEXO 2), com as maiores médias na profundidade de 0 a 5 cm, diferentes significativamente daquelas encontradas nas camadas inferiores (TABELA 18). Isso indica a tendência de

diminuição dos teores de Ca e N com o aumento da profundidade, relacionado ao aporte destes nutrientes através da decomposição da serapilheira.

TABELA 18 – TEORES MÉDIOS DE CÁLCIO (Ca<sup>2+</sup>), NITROGÊNIO (N) E SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO (m%) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO (MÉDIA DOS DOIS SISTEMAS AVALIADOS)

Profundidades	Ca <sup>2+</sup>	N	m
	cmolcdm <sup>-3</sup>	gkg <sup>-1</sup>	%
0 a 5 cm	1,76 a	4,42 a	47,86 b
5 a 10 cm	1,08 b	2,90 b	61,57 a
10 a 20 cm	0,88 b	2,51 b	66,14 a

FONTE: O autor (2009)

NOTA: Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de tukey.

Os teores de Ca<sup>2+</sup> foram considerados baixos nas profundidades 0 a 5 e 5 a 10 cm e muito baixos na profundidade 10 a 20 cm (Serrat; Krieger; Motta, 2006).

A análise de variância (ANEXO 2) indicou diferenças significativas entre os sistemas, entre as profundidades e interação entre os fatores para os teores de fósforo, potássio, magnésio e os atributos soma das bases e saturação de bases.

Os teores médios de P foram considerados muito baixos no SAF nas três profundidades analisadas. Na Floresta, os valores de P foram considerados baixos na profundidade 0 a 5 cm e muito baixos nas profundidades 5 a 10 e 10 a 20 cm (Serrat; Krieger; Motta, 2006). Os teores de P (TABELA 19) apresentaram a tendência de diminuição com o aumento da profundidade, tanto no SAF quanto na Floresta, sendo as médias das três camadas analisadas diferentes significativamente entre si, para os dois sistemas.

TABELA 19 – TEORES DE FÓSFORO (P), POTÁSSIO (K) E MAGNÉSIO (Mg) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTA COM ERVA-MATE (SAF) E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Profundidade <sup>1</sup>	Sistema <sup>2</sup>							
	SAF		FOM		SAF		FOM	
	P		K		Mg			
	mgdm <sup>-3</sup>		cmolcdm <sup>-3</sup>					
0 a 5 cm	2,77 Ba	3,63 Aa	0,42 Aa	0,26 Ba	1,63 Aa	1,19 Ba		
5 a 10 cm	2,07 Ab	2,16 Ab	0,25 Ab	0,16 Bb	1,00 Ab	0,83 Ab		
10 a 20 cm	1,23 Ac	1,36 Ac	0,15 Ac	0,13 Ab	0,64 Ac	0,69 Ab		

FONTE: O autor (2009)

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As diferenças significativas entre os sistemas quanto aos teores de P foram observadas na camada superficial de 0 A 5 cm, sendo a maior média encontrada no Fragmento Florestal (TABELA 19).

Os teores e tipo de argila influenciam positivamente a adsorção do P no solo, sendo assim os solos argilosos apresentam maior capacidade de adsorção deste elemento (Novais e Mello, 2007). A acentuada acidez e elevadas concentrações de Al trocável diminuem a solubilidade do P nos solos (Sousa, Miranda e Oliveira, 2007). Conforme já exposto, os solos estudados foram classificados como acentuadamente ácidos, com altos teores de Al trocável e muito argilosos, explicando os baixos valores de P encontrados em ambos os sistemas. Todavia, a área do Fragmento Florestal apresentou significativamente as maiores quantidades de P na serapilheira acumulada sobre o solo (TABELA 9), explicando as diferenças entre os sistemas, pois de acordo com Silva e Mendonça (2007) o aporte orgânico pode aumentar a ciclagem do P e aumentar sua disponibilidade para as plantas.

Os teores de  $K^+$  foram consideradas muito altos no SAF na profundidade 0 a 5 cm e médios nas demais profundidades (Serrat; Krieger; Motta, 2006). No Fragmento Florestal, os valores de  $K^+$  foram considerados médios nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm e baixos na profundidade 10 a 20 cm. (Serrat; Krieger; Motta, 2006). As médias das três profundidades são estatisticamente diferentes no SAF. No Fragmento Florestal, só a camada mais superficial difere das demais.

Os sistemas apresentaram diferenças significativas nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm quanto aos teores de K (TABELA 19), sendo as maiores médias encontradas no SAF, o que está relacionado a serapilheira acumulada, a roçada da regeneração natural e possivelmente as diferenças na composição florísticas das áreas. O SAF apresentou as maiores quantidades de K acumulado na serapilheira, diferindo significativamente do Fragmento Florestal (TABELA 9). Para o ano de 2008 estimou-se que a roçada da regeneração natural tenha aportado ao solo do SAF 26,14 kg de K por hectare (TABELA 5), sendo este elemento lavado do material orgânico logo após a morte das células, retornando rapidamente ao solo, compondo a sua fase líquida ou sendo adsorvido eletrostaticamente pelas cargas negativas das frações orgânicas e inorgânicas (minerais de argilas silicatadas, óxidos e hidróxidos) (Ernani *et al.*, 2007). O manejo do SAF favoreceu o desenvolvimento da erva-mate, espécie que segundo Caldeira (2003) apresenta teores altos de K em suas folhas

comparativamente a outras espécies arbóreas que compõe a FOM, sendo assim quantidades altas deste elemento podem estar sendo aportadas ao solo pela lavagem das copas desta espécie, pois o K não compõe tecidos estruturais da planta estando presente no citosol e no vacúolo como íon livre, sendo facilmente lixiviado pelas chuvas (Epstein e Bloom, 2006).

Os teores de  $Mg^{2+}$  foram considerados muito altos na profundidade de 0 a 5 cm, altos na profundidade de 5 a 10 e baixos na camada de 10 a 20 cm, tanto no SAF quanto no Fragmento Florestal (Serrat; Krieger; Motta, 2006). No SAF, houve diferenças significativas entre as três profundidades e no Fragmento Florestal apenas a profundidade 0 a 5 cm foi diferente significativamente das demais.

Comparando-se os sistemas em cada uma das profundidades verificou-se que o SAF apresentou a maior média de Mg na camada de 0 a 5cm (TABELA 19), o que pode estar relacionado a contribuição da roçada da regeneração natural. Para o ano de 2008 estimou-se uma adição, através da roçada à serapilheira acumulada sobre o solo, de  $3,43 \text{ kg ha}^{-1}$  deste elemento (TABELA 5).

Para o ano de 2008, estimou-se que a roçada da regeneração além de K e Mg acrescentou também  $14,22 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca (TABELA 5), contribuindo para elevação dos teores de soma de bases no SAF, sendo verificadas diferenças significativas em relação ao Fragmento Florestal na camada superficial (TABELA 20). Foram observadas as maiores médias de soma de bases nesta camada, diferindo significativamente das demais nos dois sistemas.

Os valores de saturação de bases (TABELA 20) foram considerados baixos tanto no SAF quanto na Floresta para as 3 profundidades (Serrat; Krieger; Motta, 2006).

Valores baixos de pH, soma e saturação de bases e altos valores de Al trocável, m% e CTC, assim como os observados neste trabalho são características dos solos das regiões centro-sul e sudeste do Paraná (Merten, 1994) incluídas na área de distribuição natural da Floresta Ombrófila Mista e da erva-mate (Oliveira e Rotta, 1985). Essa formação florestal está adaptada a estas condições, assim como o sistema agroflorestal estudado. Os resultados obtidos indicam que tanto a implantação como o manejo do sistema agroflorestal, até o presente momento não afetaram negativamente o solo sob o ponto de vista das características químicas.

TABELA 20 – MÉDIAS DE SOMA DE BASES (SB) E SATURAÇÃO DE BASES (V%) EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE E SOB FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Profundidade <sup>1</sup>	Sistema <sup>2</sup>			
	SAF	FOM	SAF	FOM
	SB		V	
	cmolcdm <sup>-3</sup>		%	
0 a 5 cm	4,20 Aa	2,81 Ba	22,71 Aa	15,29 Ba
5 a 10 cm	2,45 Ab	1,95 Ab	14,43 Ab	11,71Aa
10 a 20 cm	1,81 Ab	1,55 Ab	11,00 Ab	9,71 Ab

FONTE: O autor (2009)

NOTA<sup>1</sup>: Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NOTA<sup>2</sup>: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 5.7 QUANTIDADES DE NUTRIENTES NO SOLO, NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, NA REGENERAÇÃO NATURAL ROÇADA E NAS FOLHAS E RAMOS DA ERVA-MATE

O SAF e o Fragmento Florestal apresentaram (TABELA 21) a mesma seqüência em ordem decrescente quanto aos estoques dos nutrientes (kg<sub>ha</sub>-1) no solo: N, Ca, Mg, K e P.

Comparando-se os estoques de nutrientes encontrados nos solos em cada uma das profundidades, foi possível confirmar as diferenças entre os sistemas já observadas em relação aos teores. No SAF foram observadas as maiores médias de macronutrientes, exceto para o P, sendo as diferenças mais evidentes nas camadas superficiais.

TABELA 21 – ESTOQUES DE N TOTAL, P DISPONÍVEL E Ca E Mg EXTRAÍVEL EM TRÊS PROFUNDIDADES DE SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E DE FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Sistema	Profundidade	N	P	K <sup>+</sup> Ca <sup>+2</sup> Mg <sup>+2</sup>		
				Kg <sub>ha</sub> <sup>-1</sup>		
SAF	0 a 5	1.604,78	0,93	54,48	144,97	66,49
	5 a 10	1.363,29	0,87	40,57	101,03	51,15
	10 a 20	2.313,23	1,12	54,21	184,46	71,02
FOM	0 a 5	1.333,27	1,19	32,73	90,03	47,29
	5 a 10	1.058,41	0,89	26,22	79,03	41,56
	10 a 20	2.229,57	1,22	44,12	133,69	74,97

FONTE: O autor (2009).

Observando-se os dados apresentados na TABELA 22 é possível supor que as diferenças observadas entre os sistemas quanto aos estoques de nutrientes nos

solos foram fortemente influenciadas pelas quantidades de biomassa e ou composição química da serapilheira acumulada. A Floresta apresentou os maiores estoques de P no solo, bem como os maiores acúmulos deste nutriente na serapilheira. O SAF apresentou os maiores acúmulos de K e Ca na serapilheira, contribuindo para os maiores estoques destes nutrientes no solo. Este sistema apresentou também os maiores estoques de N e Mg no solo, no entanto, os acúmulos destes nutrientes foram superiores na serapilheira do Fragmento de FOM, o que pode estar relacionado à dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes dos materiais depositados. Na serapilheira acumulada sobre o solo do Fragmento Florestal predominaram os colmos de taquara, provavelmente apresentando alta relação C/N e uma dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes mais lenta. Por outro lado, na serapilheira acumulada no SAF predominaram as folhas, material com relação C/N possivelmente baixa e com maior facilidade de decomposição e liberação de nutrientes para o solo. Estudos futuros a respeito deste tema poderiam elucidar melhor os resultados observados.

Os dados apresentados na TABELA 22 permitem inferir que no atual estágio de desenvolvimento do SAF as exportações de todos os macronutrientes através da colheita da erva-mate foram inferiores às quantidades presentes na serapilheira acumulada sobre o solo, bem como menores do que às quantidades adicionadas ao solo através da roçada da regeneração natural.

TABELA 22 – QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES PRESENTES NO SOLO, NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, NA BIOMASSA DA REGENERAÇÃO NATURAL E NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF)

Sistema	Compartimento	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>
SAF	Solo (0 a 20 cm)	5.281,30	2,92	149,26	430,45	188,66
	Serapilheira acumulada	109,00	7,45	9,57	53,72	11,52
	Roçada regeneração	26,34	2,25	26,14	14,22	3,43
FOM	Colheita erva-mate	12,27	0,89	11,19	4,54	3,08
	Solo (0 a 20 cm)	4.621,26	3,30	103,08	302,76	163,82
	Serapilheira acumulada	120,35	9,37	7,50	53,23	14,64

FONTE: O autor (2009).

Para o ano de 2008 estimou-se que as quantidades de N adicionadas ao sistema através da roçada da regeneração natural foram 114,7 % superiores àquelas exportadas através da colheita da erva-mate. As quantidades de P foram

153,0 % superiores, as de K 133,6 %, as de Ca 213,2 % e as quantidades de Mg adicionadas foram 11,4 % superiores as exportadas. Esses resultados são importantes, pois indicam que, do ponto de vista da dinâmica dos nutrientes, as roçadas poderiam ser mais espaçadas, ou seja, não necessitariam ser efetuadas anualmente. Tomando-se por base o N, nutriente bastante importante para a erva-mate, cujo aporte através da roçada foi mais de 100% superior à exportação pela colheita, poderia-se propor a roçada a cada dois anos, o que representaria uma economia considerável de tempo e recursos para os agricultores. Pesquisas detalhadas da periodicidade das roçadas em relação ao desenvolvimento do sistema agroflorestal são importantes e recomendadas para adequar ainda mais as práticas de manejo.

## 6 CONCLUSÕES

As áreas estudadas apresentaram densidade e diversidade totais muito próximas. Entretanto, o manejo para a implantação do SAF diminuiu a densidade e riqueza de espécies no dossel em relação ao Fragmento Florestal, provocando maior adensamento e diversificação nos estratos inferiores.

Quanto à florística os sistemas apresentaram similaridade média. Contudo, ambas as áreas apresentaram o mesmo padrão estrutural, com grande número de indivíduos jovens, indicando que o manejo realizado no SAF até o presente momento, não parece comprometer o desenvolvimento futuro da população.

O manejo realizado no SAF até o momento presente não retardou o processo de sucessão natural relativamente ao Fragmento de FOM, sendo ambos os sistemas classificados como formação florestal sucessora, chamadas vulgarmente de Capoeirão.

A roçada seletiva da regeneração natural influenciou a ciclagem de nutrientes no SAF: quantitativamente, à medida que adicionou biomassa à serapilheira acumulada sobre o solo, e; qualitativamente, devido ao material aportado estar verde (estágio fisiologicamente mais ativo) e ser predominantemente composto por folhas, o que provavelmente vêm alterando a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes no sistema.

As maiores quantidades totais de serapilheira acumulada observadas no Fragmento Florestal foram determinadas pelo fim do ciclo natural da taquara que depositou grande quantidade de colmos sobre o solo deste sistema. Todavia o manejo realizado no SAF determinou as maiores quantidades de folhas na serapilheira acumulada.

Não foram observadas diferenças significativas entre os sistemas quanto aos teores dos macronutrientes, exceto para o K que foi maior no SAF, devido à contribuição da roçada da regeneração natural e às diferenças nutricionais entre as espécies que compõe este sistema.

As quantidades de nutrientes presentes na serapilheira acumulada foram mais fortemente influenciadas pelas médias das biomassas, do que pelas médias dos teores. Sendo assim, as maiores quantidades totais de N, P e Mg foram observadas no Fragmento Florestal e as maiores quantidades de Ca e K no SAF.

No atual estágio de desenvolvimento do SAF as exportações de macronutrientes pela colheita da erva-mate foram menores do que as quantidades de nutrientes presentes na serapilheira acumulada sobre o solo e aquelas adicionadas através da roçada da regeneração natural, indicando que, sob este aspecto, as roçadas poderiam ser mais espaçadas.

Os altos teores de matéria orgânica, as baixas densidades de partícula e do solo, além dos altos volumes de poros totais encontrados no SAF, indicam que o manejo realizado neste sistema conservou boas condições físicas para o desenvolvimento das plantas.

Os solos das áreas estudadas foram considerados acentuadamente ácidos e com alta saturação em alumínio e baixa saturação de bases, refletindo as características das áreas de distribuição natural da Floresta Ombrófila Mista e da erva-mate.

Contudo, no SAF, sobretudo nas camadas mais superficiais do solo, foram observadas as maiores médias de teores e de estoques de macronutrientes, exceto para o P que foram maiores no Fragmento Florestal, sendo estas médias fortemente influenciadas pelas quantidades e qualidades das serapilheiras acumuladas sobre os solos.

O Sistema Agroflorestal demonstrou ser uma alternativa de diversificação econômica da unidade produtiva familiar, conservando características estruturais similares ao do Fragmento Florestal Secundário com todos os benefícios ambientais indiretos.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve caráter exploratório, sendo necessários outros estudos para melhor caracterização e entendimento a respeito da ciclagem de nutrientes no sistema agroflorestal com erva-mate e no Fragmento de Floresta Ombrófila Mista, neste sentido recomendo que sejam realizados:

a) levantamentos fitossociológicos da regeneração natural na área de SAF, visando compreender os efeitos da roçada seletiva e também na área do Fragmento Florestal para o entendimento dos impactos do final do ciclo da taquara;

b) análise da contribuição quantitativa e qualitativa individual das principais espécies para a serapilheira, orientando a roçada seletiva a ser realizada pelo agricultor de modo a atender as necessidades nutricionais da erva-mate;

c) análises sobre a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes, tendo em vista o melhor entendimento das contribuições da roçada seletiva da regeneração natural e da serapilheira para as diferenças observadas entre o SAF e o Fragmento Florestal quanto aos teores de nutrientes no solo;

d) análises sobre a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos de colheita e industriais da erva-mate, embasando a proposição de manejo adequado para estes materiais, visando à reposição dos nutrientes exportados através da colheita;

e) experimentos que possam subsidiar a definição de um adequado intervalo entre as roçadas, otimizando tempo e recursos do agricultor, bem como o balanço de nutrientes no SAF;

f) experimentos a respeito da densidade ideal e sobre manejo da luminosidade, buscando aumento de produtividade do erval e a manutenção das características estruturais do sistema;

g) caracterização da estrutura do solo, objetivando a melhor compreensão das diferenças observadas entre os sistemas quanto macro e microporosidade;

h) levantamento da macro e microbiologia do solo, no sentido de melhor elucidar a ciclagem de nutrientes nas áreas.

i) estudos de longo prazo e continuados para avaliar efeitos futuros do manejo realizado no SAF.

## REFERÊNCIAS

- ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.5, 715-721, 2003/jul-ago. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/i/2003.v27n5/>. Acesso em: 20 abr. 2009.
- ARAÚJO, D. D. *et al.* Análise da diversidade de espécies vegetais e sua relação com os solos de sistemas agroflorestais do alto Jequitinhonha-MG. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, II, 2004, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: PUC-RS, 2004. CD-ROM.
- ASSIS, L. R; ROMEIRO, A. R.. Agroecologia e agricultura familiar na região centro-sul do estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.43, n.1, p. 155-157, 2005/jan-mar. Disponível em: <https://revistasober.org/ed/5cf800280e88254e3458d25b>. Acesso em: 10 mar. 2009.
- BACKES, P.; IRGANG, B.. **Árvores do Sul**: Guia de Identificação e Interesse Ecológico. Rio de Janeiro: Instituto Souza Cruz, 2002, 60 p.
- BACKES, A.; PRATES, F. L.; VIOLA, M. G.. Produção de serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 19, n 1, p. 155-160, 2004. DOI. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000100015>.
- BOTREL, R. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; RODRIGUES, L. A.; CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n.2, p.195-213, 2002/jun. DOI. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000200008>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria da Coordenação da Amazônia. Programa Piloto para a Proteção das Florestais Tropicais do Brasil. Subprograma Projetos Demonstrativos. **Estudos da Amazônia**: avaliação de vinte projetos PDA/MMA. Brasília: MMA, 2004, 134 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Decreto n. 6.660, de 21 de novembro de 2008. Regulamenta dispositivos da Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 nov. 2008, p. 1.
- BRASIL. Ministério da Justiça. Ministério do Meio Ambiente. Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2006, p. nº 1.

BRASIL. Presidência da República. Decreto n. 6.040, de 7 de fevereiro de 2007. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 08 fev. 2007, pág. nº 316.

BREMNER, J.M. Nitrogen total. In: SPARKS, D.L. (ed). **Methods of soil analysis**. Part 3. Madison: America Society of Agronomy, 1996. p.1085-1121 (SSSA Book Series, 5).

BRITEZ, R. M.; REISSMAN, C. B.; SILVA, S. M.; SANTOS FILHO, A.. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de araucária, São Mateus do Sul, Paraná. In: Congresso Nacional Sobre Essências Nativas: Conservação da Biodiversidade, 2, 1992, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Revista do Instituto Florestal, v. 4, n único, parte 3, 1992. p. 766-772.

CALDEIRA, M. V. W.. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná**. 2003. 176 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CAMPOS, M. A. A. **Balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de Ilex paraguariensis**: Avaliação na safra e na safrinha. 1991. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B.. **Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no estado do Paraná, em solos não degradados**. Colombo: EMBRAPA / CNPF, 2006. Documento n. 136. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/313946>. Acesso em: 15 fev. 2009.

CARVALHO, J. et al.. Relações entre a distribuição das espécies de diferentes estratos e as características do solo de uma floresta aluvial no Estado do Paraná, Brasil, **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-9, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000100002>.

CARVALHO, P. E. R.. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1994, 639 p.

CASTELLA, P. R.; BRITEZ, R. M.. (Org.). **A Floresta com Araucária no Paraná**: conservação e diagnóstico dos Remanescentes. Brasília: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2004. 236 p. Relatório Técnico de Conclusão do PROBIO - Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira.

CHANG, M. Y. **Sistema Faxinal**: uma forma de organização camponesa em desagregação no Centro-sul do Paraná. Londrina: IAPAR, 1988.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 2, de 18 de março de 1994. Defini as formações vegetais primárias, bem como os estágios sucessionais de vegetação secundária, com finalidade de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa no Estado do Paraná. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 28 mar. de 1994. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 20 jun. 2009.

CROCE, D. M. da; NADAL, R.; FLOSS, P. A.. **Avaliação de sistemas agroflorestais com erva-mate e culturas anuais no Oeste Catarinense**. Florianópolis: EPAGRI, 1997. Boletim Técnico n. 92.

CUNHA, G. C.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, DELMAR A. Dinâmica nutricional em Floresta Estacional Decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n.1, p. 35-64, jan./dez. 1993. DOI: <https://doi.org/10.5902/19805098284>.

DURIGAN, M. E. **Florística, dinâmica e análise proteica de uma floresta ombrofila mista em São João do Triunfo - PR**. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

DURIGAN, G.; RODRIGUES, R.R.; SCHIAVINI, I. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. *In*: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p.159-167.

DURIGAN, G.; BERNACCI, L. C.; FRANCO, G. A. D. C.; ARBOCZ, G. F.; METZGER, J. P.; CATHARINO, E. L. M.. Estádio sucessional e fatores geográficos como determinantes da similaridade florística entre comunidades florestais no Planalto Atlântico, Estado de São Paulo, Brasil, **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 51-62, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062008000100007>.

DUARTE, E. M. G. **Ciclagem de nutrientes por árvores em Sistemas Agroflorestais na Mata Atlântica**. 115 f. 2007. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise do Solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA / CNPS, 1997.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2006.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina: Editora Planta, 2006.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C.. Potássio. *In*: NOVAIS, R. F. et al. (Eds). **Fertilidade do solo**. 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa, 2007. p. 551-594.

FERRETTI, A.R. et al. Classificação das espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no Estado de São Paulo. *Florestar Estatístico*, v. 3, n.7, p.73-77, 1995. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/florestar.htm>. Acesso em: 05 mai. 2009.

FIGUEIREDO FILHO, A. *et al.*. Produção estacional de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati (PR). **Revista Ambiente**, Guarapuava, v.1, n. 2, p. 257-269, 2005. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiente/article/view/219>. Acesso em: 02 jun. 2009.

FOSSATI, L. C.. **Avaliação do estado nutricional e da produtividade de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), em função do sitio e da dioicia**. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Estatísticas do Atlas de Remanescentes Florestais da Mata Atlântica no período de 2000 a 2005 (Municípios)**. 1ª ed. 2008. Disponível em: <http://www.sosmatatlantica.org.br/index.php?section=atlaseaction=atlas>. Acesso em: : 03 mai. 2009.

GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais: funcionalidade e sustentabilidade. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4, 2002, Ilhéus. **Anais [...]**. Ilhéus: UESC, 2002.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável**. 3 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2005.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**, 1994. Londrina: IAPAR, 1994. 45 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2005**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 20, p.1-50, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estado**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em: 8 jun. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 1995/1996**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 8 jun. 2009b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006 - Resultados Preliminares**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 8 jun. 2009b.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Relação dos Projetos de Assentamentos**. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/parana/arquivos/0661301812.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2007.

KAGEYAMA, P. Y.; VIANA, V. M.. Tecnologia de sementes e grupos ecológicos de espécies arbóreas tropicais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia. **Anais [...]**. São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 197– 215.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia**: relações solo-planta. Curitiba: São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979.

LOURENÇO, R. S.; MEDRADO, M. L. S.. **Cobertura morta na produtividade da erva-mate**. Colombo: EMBRAPA / CNPF, 1998. Relatório de Pesquisa em Desenvolvimento, n. 70.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968, 350 p.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1988. 179 p.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p. 837-848, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000500018>.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MAZUCHONSKI, J. Z.. **Manual da erva-mate (Ilex paraguariensis St. Hil)**. Curitiba: EMATER-PR, 1991. 104 p.

MARIN, A. M. P.; JUCKSCH, I; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M. Impactos de um Sistema Agroflorestal com Café na Qualidade do Solo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2., 2004, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: PUC-RS, 2004.

MARTINS , A. P. L.; REISSMANN, C. B.. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.8, n.1, p.1-17, 2007.

MERTEN, G. H. (Org.). **Manejo de solos de baixa aptidão agrícola na região Centro-Sul do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994.112 p.

MICHIGAN STATE UNIVERSITY. **MSTATIC**, versão 2.10. East Lansing, MI, 1989. 1 CD-ROW MSDOS.

MINERAIS DO PARANÁ S/A. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria de Estado da Indústria, do Comércio e do Turismo, 2001. 116 p.

MONTAGNINI, F. et al.. **Sistemas agroflorestais: principios y aplicaciones en los trópicos**. San José: OET, 1992, 622 p.

MONTOYA, L; RODIGHERI, H. R.; SILVA, P. V. A agricultura familiar e os sistemas agroflorestais. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 73-84, jul./dez. 1990. Disponível em: <https://cienciaeambiente.com.br/29-2/>. Acesso em: 05 jul. 2009.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.

NOVAIS, R. F.; MELLO, W. V.. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F. et al. (eds). **Fertilidade do solo**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

OLIVEIRA, Y. M. M; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE, 1983, Curitiba. **Anais [...]**. Colombo: EMBRAPA / CNPF, 1985, p. 17-36.

OLIVA, E. V. **Composição química e produtividade de procedencias e progenies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) cultivadas em latossolo vermelho distrofico no municipio de Ivai - PR**. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PAGANO, S.N.; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do Oeste do estado de São Paulo, Brasil. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p.109-123.

PARANÁ CIDADE. **Municípios do Paraná**. Disponível em: <http://www.paranacidade.org.br/municipios/municipios.php>. Acesso em: 4 mai. 2009.

PENEIREIRO, F. M. **Sistemas Agroflorestais dirigidos pela Sucessão Natural: um estudo de caso**. 149 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Ciências Florestais - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba: 1999.

PORTUGAL, A. F. *et al.*. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 249-258, 2008.

QUADROS, R. M. B.; REISSMANN, C. B.; RADOMSKI, M. I.. Comparação dos teores foliares de macro e micronutrientes em folhas de erva-mate (*Ilex*

paraguariensis St. Hil) em ervais nativos sob condições de sombreamento e a céu aberto. *In*: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1, 1992, Porto Alegre. **Programas e Resumos [...]**. Porto Alegre: FAPERGS, 1992. p. 30.

RACHWAL, M. F. G. et al.. **Influência da luminosidade sobre a produtividade da ervamate em latossolo vermelho-amarelo em São Mateus do Sul, PR**. Colombo: EMBRAPA / CNPF, 2000. Relatório de Pesquisa em Desenvolvimento, n. 74.

RADOMSKI, M. I. et al.. Avaliação dos teores de macro e micro em folhas jovens e velhas de erva-mate nativa. *In*: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS: CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2, 1992, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: Revista do Instituto Florestal de São Paulo, v. 4, n. único, parte 2, 1992, p. 453-456.

RAKOCEVIC, M. et al.. **A. Caracterização do microclima luminoso em dois sistemas de cultivo da erva-mate e o seu impacto na produtividade de plantas**. *In*: CONGRESSO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 4, 2006, Misiones – AR. REUNIÓN TÉCNICA DE LA YERBA MATE, 4, 2006, Misiones – AR. Posadas – AR: INYM / INTA, 2006.

REISSMANN, C. B. et al. Bio-elementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) sobre Cambissolos na região de Mandirituba. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 14, n. 2, 1983, p. 49-54.

REISSMANN, C. B. et al. Avaliação das exportações de macronutrientes pela exportação da erva-mate. *In*: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE, 10, 1983, Curitiba. **Documentos 15 [...]**. Colombo: EMBRAPA / CNPF, 1985, p. 128-140.

REISSMANN, C. B.; PREVEDELLO, B. M. S. Influência da calagem no crescimento e na composição química foliar da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). *In*: Congresso Nacional sobre Essências Nativas: Conservação da Biodiversidade, 2, 1992, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Revista do Instituto Florestal de São Paulo, v. 4, n. único, parte 4, 1992. p. 625-629.

RODERJAN, C. V. et al.. As Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, vol 24, n1, p 75 – 92, 2002/jul.

RODIGHERI, H. R.. Plantios florestais e sistemas agroflorestais: alternativas para o aumento de emprego e renda na propriedade rural. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42, 2004, Cuiabá. **Artigos completos**. Brasília: SOBER, 2004, p. 159.

RODRIGUES, L. A. et al.. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.25-35, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000100004>.

ROSÁRIO, D. A. P.. **Padrões florísticos e tipos funcionais em Floresta com Araucária e suas relações com o solo**. 136 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

SANQUETTA, C. R.; MATTEI, E. Manejo racional da floresta de araucária. **Meio Ambiente Santa Catarina**, Florianópolis, v. 2, p. 58, 2002.

SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A.P.; EISFELD, R. L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1, p. 101-112, 2003.

SANQUETTA, C. R. **Perspectivas de recuperação e manejo sustentável das Florestas de Araucária**. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2006. 264 p.

SANQUETTA, C. R. **Os números atuais da cobertura florestal no Paraná**. Ambiente Brasil, Curitiba, 2009. Disponível em: <<http://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/artigos>>. Acesso em: 20/05/2009.

SANTIN, D.. **Produtividade, teor de minerais, cafeína e teobromina em erva-mate adensada e adubada quimicamente**. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

SEAB. **Preços pagos ao produtor**. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/prp.xls>>. Consultado em: 20 de jul. de 2009.

SERRAT, B. M.; KRIEGER, K. I.; MOTTA, A. C. V.. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). *In*: LIMA, M. R. **Diagnóstico e Recomendações de Manejo do Solo**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006. p. 125-142.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S.. Matéria orgânica do solo. *In*: NOVAIS, R. F. et al. (eds). **Fertilidade do solo**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 276-357.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na Bacia do Alto do Rio Grande MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 719-730, 2005/jul-ago.

SONDA, C. **A Floresta no Estado do Parana**: condicionantes naturais, economicos e sociais. 190 f. Dissertação (mestrado) - Instituto Superior de Agronomia da Universidade Tecnica de Lisboa, Lisboa, 1996.

SOUSA, G. M. D.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A.. Acidez do solo e sua correção. *In*: NOVAIS, R. F. et al. (Eds). *In*: **Fertilidade do solo**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

VELOSO, H. P.; LIMA, J. C. A.. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um**

**sistema universal.** Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 123 p.

VIEIRA, A. R. R.; SUERTEGARAY, C. E. O.; HELDWEIN, A. B.; MARASCHIN, M. SILVA, A. L.. Influência do microclima de um sistema agroflorestral na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, 2003, v. 11, n. 1, p. 91-97.

VIVAN, J. L. **Agricultura e Florestas:** princípios de uma interação vital. Guaíba: Agropecuária, 1998. 207 p.

VIVAN, J. L. **Saber Ecológico e Sistemas Agroflorestrais: um estudo de caso na Floresta Atlântica do Litoral Norte do RS, Brasil.** 176 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

VIVAN, J. L.; FLORIANI, G. S. Construção participativa de indicadores de sustentabilidade em sistemas agroflorestrais em rede na Mata Atlântica. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5, 2004, Curitiba. **Anais [...]**. Colombo: EMBRAPA/CNPF, 2004. CD ROW. p. 619.

WISNIEWSKI, C. et al. Exportação de biomassa e macronutrientes com a primeira poda de formação da erva-mate na região de Pinhais – PR. **Revista Agrárias**, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 179 – 186, 1996.

WISNIEWSKI, C. et al. Avaliação nutricional e exportação de nutrientes pela erva-mate plantada em diferentes ambientes. *In*: FOREST'99 – INTERNACIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON FOREST, 5, 1999, Curitiba. **Resumos expandidos [...]**. Curitiba, 1999. 1 CD-Rom.

ZAMPIER, A. C. **Avaliação dos níveis de nutrientes, cafeína e taninos após adubação mineral e orgânica, e sua relação com a produtividade na erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.).** 103 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

## ANEXO 1 - CÁLCULO DOS ESTOQUES DE MACRONUTRIENTES NOS SOLOS

Para os nutrientes cujos resultados das análises estão expressos em unidade de volume (P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>):

- a) Passo 1 - transformação dos teores de nutrientes encontrados em  $\text{cmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  ou  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  para  $\text{kgdm}^{-3}$ ;
- b) Passo 2: cálculo do volume do solo em um hectare a certa faixa de profundidade em  $\text{dm}^{-3}$ ;
- c) Passo 3: utilizando-se os valores encontrados, obtém-se através de regra de três simples as quantidades de nutrientes;
- d) Passo 4: multiplicação dos valores pela densidade do solo (Ds), obtendo-se as quantidades de nutrientes corrigidos em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a certa faixa de profundidade.

Para os nutrientes expressos em unidade de massa (N):

- a) Passo 1: transformação dos teores de N encontrados em  $\text{gkg}^{-1}$  para  $\text{kgkg}^{-1}$ ;
- b) Passo 2: cálculo do volume do solo em um hectare a certa faixa de profundidade em  $\text{dm}^{-3}$ ;
- c) Passo 3: utilizando-se os valores do volume encontrados e a densidade do solo (Ds) obtém-se através de regra de três simples a massa de solo em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a certa profundidade;
- d) Passo 4: utilizando-se os valores de massa do solo e os teores transformados, através de regra de três simples obtém-se as quantidades de N em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a certa faixa de profundidade.

## ANEXO 2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA

### 2.1 Parâmetros da Química do Solo

TABELA 2.1.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - pH CaCl

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,006	0,006	0,1820	
Repetições Sistema	12	0,392	0,033		
Profundidade	2	0,043	0,022	3,9854	0,0320
Sistema x Profundidade	2	0,006	0,003	0,5693	
Repetições	24	0,130	0,005		
Total	41	0,578			
Média Geral	3,883				
Coeficiente de Variação	1,90%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - pH SMP

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,029	0,029	0,6811	
Repetições Sistema	12	0,508	0,042		
Profundidade	2	0,053	0,026	5,6441	0,0098
Sistema x Profundidade	2	0,015	0,007	1,5763	0,2274
Repetições	24	0,112	0,005		
Total	41	0,716			
Média Geral	4,564				
Coeficiente de Variação	1,50%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - Al

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,461	0,461	0,2330	
Repetições Sistema	12	23,737	1,978		
Profundidade	2	1,083	0,542	2,8420	0,0780
Sistema x Profundidade	2	0,189	0,095	0,4959	
Repetições	24	4,574	0,191		
Total	41	30,045			
Média Geral	3,319				
Coeficiente de Variação	13,15%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - H + Al

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	1,486	1,486	0,2543	
Repetições Sistema	12	70,126	5,844		
Profundidade	2	1,003	0,502	0,1832	
Sistema x Profundidade	2	4,092	2,046	0,7470	
Repetições	24	65,731	2,739		
Total	41	142,438			
Média Geral	14,883				
Coeficiente de Variação	11,12%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula:  $\text{SQRT}(1 + V_x)$

TABELA 2.1.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	1,972	1,972	2,7848	0,1210
Repetições Sistema	12	8,496	0,708		
Profundidade	2	6,042	3,021	28,7927	0,0000
Sistema x Profundidade	2	0,653	0,327	3,1135	0,0628
Repetições	24	2,518	0,105		
Total	41	19,681			
Média Geral	1,240				
Coeficiente de Variação	26,11%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,381	0,381	1,4414	0,2531
Repetições Sistema	12	3,171	0,264		
Profundidade	2	4,000	2,000	45,6576	0,0000
Sistema x Profundidade	2	0,415	0,207	4,7337	0,0185
Repetições	24	1,051	0,044		
Total	41	9,019			
Média Geral	0,995				
Coeficiente de Variação	21,03%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,086	0,086	7,7601	0,0165
Repetições Sistema	12	0,133	0,011		
Profundidade	2	0,280	0,140	77,7118	0,0000
Sistema x Profundidade	2	0,031	0,016	8,6305	0,0015
Repetições	24	0,043	0,002		
Total	41	0,573			
Média Geral	0,227				
Coeficiente de Variação	18,72%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula:  $\text{SQRT}(Vx \cdot 10)$

TABELA 2.1.8 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - SB

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	5,429	5,429	2,7689	0,1220
Repetições Sistema	12	23,528	1,961		
Profundidade	2	24,837	12,419	48,2380	0,0000
Sistema x Profundidade	2	2,469	1,235	4,7954	0,0177
Repetições	24	6,179	0,257		
Total	41	62,442			
Média Geral	2,460				
Coeficiente de Variação	20,63%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.9 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO – CTC a pH 7

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	1,200	1,200	0,3170	
Repetições Sistema	12	45,441	3,787		
Profundidade	2	34,933	17,467	6,7709	0,0047
Sistema x Profundidade	2	0,260	0,130	0,0504	
Repetições	24	61,912	2,580		
Total	41	143,747			
Média Geral		17,346			
Coeficiente de Variação		9,26%			

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: Ln (Vx)

TABELA 2.1.10 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	1,339	1,339	3,9354	0,0706
Repetições Sistema	12	4,084	0,340		
Profundidade	2	25,623	12,812	116,1345	0,0000
Sistema x Profundidade	2	1,316	0,658	5,9633	0,0079
Repetições	24	2,648	0,110		
Total	41	35,010			
Média Geral		2,202			
Coeficiente de Variação		15,08%			

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela formula: SQRT (1 + Vx)

TABELA 2.1.11 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - C

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	48,644	48,644	1,4174	0,2568
Repetições Sistema	12	411,823	34,319		
Profundidade	2	1124,003	562,002	99,5574	0,0000
Sistema x Profundidade	2	17,423	8,712	1,5433	0,2342
Repetições	24	135,480	5,645		
Total	41	1737,373			
Média Geral		35,567			
Coeficiente de Variação		6,68%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.12 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - V%

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	152,381	152,381	1,9946	0,1833
Repetições Sistema	12	916,762	76,397		
Profundidade	2	547,000	273,500	33,7192	0,0000
Sistema x Profundidade	2	72,333	36,167	4,4589	0,0226
Repetições	24	194,667	8,111		
Total	41	1883,143			
Média Geral		14,143			
Coeficiente de Variação		20,14%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.13 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - M%

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	579,429	579,429	1,0957	0,3158
Repetições Sistema	12	6345,714	528,810		
Profundidade	2	2535,619	1267,810	24,5609	0,0000
Sistema x Profundidade	2	130,857	65,429	1,2675	0,2997
Repetições	24	1238,857	51,619		
Total	41	10830,476			
Média Geral	58,524				
Coeficiente de Variação	12,28%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.1.14 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA QUÍMICA DO SOLO - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	2,463	2,463	3,0803	0,1047
Repetições Sistema	12	9,594	0,799		
Profundidade	2	28,501	14,250	60,5281	0,0000
Sistema x Profundidade	2	0,929	0,464	1,9727	0,1610
Repetições	24	5,650	0,235		
Total	41	47,136			
Média Geral	3,277				
Coeficiente de Variação	14,81%				

FONTE: O Autor (2009).

## 2.2 Parâmetros da Física do Solo

TABELA 2.2.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO - Areia

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	13485,875	13485,875	12,8934	0,0037
Repetições Sistema	12	12551,436	1045,953		
Profundidade	2	321,373	160,687	0,6714	
Sistema x Profundidade	2	374,173	187,087	0,7817	
Repetições	24	5744,106	239,338		
Total	41	32476,963			
Média Geral	68,281				
Coeficiente de Variação	22,66%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela formula:  $SQRT(Vx)$

TABELA 2.2.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO - Silte

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	14021,494	14021,494	4,2720	0,0610
Repetições Sistema	12	39386,177	3282,181		
Profundidade	2	21318,496	10659,248	4,1861	0,0276
Sistema x Profundidade	2	10846,839	5423,419	2,1299	0,1408
Repetições	24	61112,449	2546,352		
Total	41	146685,455			
Média Geral	274,100				
Coeficiente de Variação	18,41%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.2.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO - ARGILA

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	55009,524	55009,524	11,7888	0,0050
Repetições Sistema	12	55995,048	4666,254		
Profundidade	2	26292,762	13146,381	4,9417	0,0159
Sistema x Profundidade	2	10761,333	5380,667	2,0226	0,1543
Repetições	24	63847,238	2660,302		
Total	41	211905,905			
Média Geral	657,619				
Coeficiente de Variação	7,84%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.2.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO - MACROPOROSIDADE

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	90,112	90,112	2,1506	0,1682
Repetições Sistema	12	502,810	41,901		
Profundidade	2	1308,164	654,082	54,3161	0,0000
Sistema x Profundidade	2	85,047	42,523	3,5312	0,0453
Repetições	24	289,012	12,042		
Total	41	2275,145			
Média Geral	30,782				
Coeficiente de Variação	11,27%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.2.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO - MICROPOROSIDADE

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	121,210	121,210	27,4380	0,0002
Repetições Sistema	12	53,011	4,418		
Profundidade	2	228,655	114,328	41,2795	0,0000
Sistema x Profundidade	2	65,561	32,780	11,8357	0,0003
Repetições	24	66,470	2,770		
Total	41	534,907			
Média Geral	37,992				
Coeficiente de Variação	4,38%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.2.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO - MACOPOROSIDADE

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	15,849	15,849	0,9939	
Repetições Sistema	12	191,352	15,946		
Profundidade	2	361,138	180,569	18,4578	0,0000
Sistema x Profundidade	2	18,723	9,361	0,9569	
Repetições	24	234,787	9,783		
Total	41	821,848			
Média Geral	68,78				
Coeficiente de Variação	4,5%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.2.7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO – DENSIDADE DE PARTÍCULA

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,001	0,001	0,1369	
Repetições Sistema	12	0,053	0,004		
Profundidade	2	0,107	0,053	18,0515	0,0000
Sistema x Profundidade	2	0,007	0,003	1,1630	0,3295
Repetições	24	0,071	0,003		
Total	41	0,239			
Média Geral	2,561				
Coeficiente de Variação	2,13%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.2.8 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS DA FÍSICA DO SOLO – DENSIDADE DO SOLOS

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,007	0,007	0,6242	
Repetições Sistema	12	0,144	0,012		
Profundidade	2	0,333	0,167	23,8681	0,0000
Sistema x Profundidade	2	0,008	0,004	0,5628	
Repetições	24	0,168	0,007		
Total	41	0,660			
Média Geral	0,783				
Coeficiente de Variação	10,67%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: SIN (Vx)

### 2.3 Teores de macronutrientes na serapilheira

TABELA 2.3.9 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	1,581	1,581	0,3494	
Repetições Sistema	12	54,320	4,527		
Frações	2	503,353	251,676	126,2775	0,0000
Sistema x Frações	2	10,981	5,490	2,7548	0,0837
Repetições	24	47,833	1,993		
Total	41	618,068			
Média Geral	15,091				
Coeficiente de Variação	9,36%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.3.10 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,264	0,264	3,8633	0,0729
Repetições Sistema	12	0,820	0,068		
Frações	2	2,300	1,150	42,1510	0,0000
Sistema x Frações	2	0,157	0,078	2,8749	0,0760
Repetições	24	0,655	0,027		
Total	41	4,196			
Média Geral	1,112				
Coeficiente de Variação	14,86%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.3.11 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	1,321	1,321	10,9715	0,0062
Repetições Sistema	12	1,445	0,120		
Frações	2	4,234	2,117	120,9321	0,0000
Sistema x Frações	2	0,211	0,106	6,0269	0,0076
Repetições	24	0,420	0,018		
Total	41	7,632			
Média Geral	1,185				
Coeficiente de Variação	11,17%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.3.12 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	11,357	11,357	2,7435	0,1235
Repetições Sistema	12	49,674	4,139		
Frações	2	17,157	8,578	5,8640	0,0084
Sistema x Frações	2	1,705	0,852	0,5827	
Repetições	24	35,109	1,463		
Total	41	115,001			
Média Geral	6,998				
Coeficiente de Variação	17,28%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.3.13 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,381	0,381	2,0603	0,1767
Repetições Sistema	12	2,219	0,185		
Frações	2	5,368	2,684	23,6339	0,0000
Sistema x Frações	2	0,291	0,145	1,2795	0,2965
Repetições	24	2,726	0,114		
Total	41	10,985			
Média Geral	1,720				
Coeficiente de Variação	19,59%				

FONTE: O Autor (2009).

## 2.4 Matéria seca e quantidades de macronutrientes na serapilheira

TABELA 2.4.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA MATÉRIA SECA DA SERAPILHEIRA - MS

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	2762596,9	2762596,9	20,8145	0,0007
Repetições Sistema	12	1592696,9	132724,7		
Frações	2	19392341,9	9696170,9	24,1003	0,0000
Sistema x Frações	2	21212294,2	10606147,1	26,3621	0,0000
Repetições	24	9655819,2	402325,8		
Total	41	54615749,1			
Média Geral	2619,921				
Coeficiente de Variação	24,21%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.4.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA DA SERAPILHEIRA - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	150,482	150,482	3,0639	0,1055
Repetições Sistema	12	589,375	49,115		
Frações	2	4797,093	2398,547	18,3596	0,0000
Sistema x Frações	2	3022,538	1511,269	11,5679	0,0003
Repetições	24	3135,429	130,643		
Total	41	11694,918			
Média Geral	38,225				
Coeficiente de Variação	29,90%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela formula:  $SQRT(1 + Vx)$ 

TABELA 2.4.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA DA SERAPILHEIRA - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	4,314	4,314	7,3809	0,0187
Repetições Sistema	12	7,013	0,584		
Frações	2	29,125	14,562	23,7890	0,0000
Sistema x Frações	2	11,522	5,761	9,4111	0,0010
Repetições	24	14,692	0,612		
Total	41	66,665			
Média Geral	2,804				
Coeficiente de Variação	27,90%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.4.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA DA SERAPILHEIRA - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	4,978	4,978	4,6155	0,0528
Repetições Sistema	12	12,943	1,079		
Frações	2	1,381	0,690	1,1834	0,3235
Sistema x Frações	2	17,955	8,978	15,3907	0,0000
Repetições	24	13,999	0,583		
Total	41	51,257			
Média Geral	2,846				
Coeficiente de Variação	26,83%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.4.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA DA SERAPILHEIRA - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	0,282	0,282	0,0105	
Repetições Sistema	12	322,753	26,896		
Frações	2	693,923	346,961	10,1061	0,0007
Sistema x Frações	2	604,29	302,146	8,8008	0,0014
Repetições	24	823,962	34,332		
Total	41	2445,210			
Média Geral	17,826				
Coeficiente de Variação	32,87%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.4.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA QUANTIDADE DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Sistema	1	11,326	11,326	7,7080	0,0168
Repetições Sistema	12	17,632	1,469		
Frações	2	18,252	9,126	4,2006	0,0273
Sistema x Frações	2	69,683	34,841	16,0374	0,0000
Repetições	24	52,140	2,173		
Total	41	169,032			
Média Geral		4,360			
Coeficiente de Variação		33,80%			

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela formula:  $SQRT(1 + Vx)$

## 2.5 Matéria seca total e quantidades totais de macronutrients na serapilheira

TABELA 2.5.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA MATÉRIA SECA TOTAL – MS TOTAL

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	8287791,7	8287791,7	20,814	0,0007
Repetições	12	4778090,7	398174,2		
Total	13	13065882,4			
Média Geral		7859,764			
Coeficiente de Variação		8,03%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.5.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES TOTAIS DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA TOTAL DA SERAPILHEIRA - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	451,447	451,447	3,065	0,1055
Repetições	12	1767,231	147,269		
Total	13	2218,678			
Média Geral		114,674			
Coeficiente de Variação		10,58%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.5.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES TOTAIS DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA TOTAL DA SERAPILHEIRA - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	12,960	12,960	7,384	0,0187
Repetições	12	21,062	1,755		
Total	13	34,022			
Média Geral		8,409			
Coeficiente de Variação		15,75%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.5.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES TOTAIS DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA TOTAL DA SERAPILHEIRA - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	14,956	14,956	4,615	0,0528
Repetições	12	38,891	3,241		
Total	13	53,847			
Média Geral	8,536				
Coeficiente de Variação	21,09%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.5.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES TOTAIS DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA TOTAL DA SERAPILHEIRA - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	0,850	0,850	0,011	
Repetições	12	967,997	80,666		
Total	13				
Média Geral	53,476				
Coeficiente de Variação	16,80%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.5.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES TOTAIS DE MACRONUTRIENTES NA MATÉRIA SECA TOTAL DA SERAPILHEIRA - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	33,915	33,915	7,704	0,0168
Repetições	12	52,824	4,402		
Total	13	86,738			
Média Geral	13,082				
Coeficiente de Variação	16,04%				

FONTE: O Autor (2009).

## 2.6 Teores de macronutrientes na biomassa da colheita da erva-mate

TABELA 2.6.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	862,114	431,057	46,918	0,0000
Repetições	18	165,375	9,187		
Total	20	1027,489			
Média Geral	10,079				
Coeficiente de Variação	30,07%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.6.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	2,570	1,285	338,248	0,0000
Repetições	18	0,068	0,004		
Total	20	2,638			
Média Geral	0,738				
Coeficiente de Variação	8,36%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.6.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	140,905	70,452	47,922	0,0000
Repetições	18	26,463	1,470		
Total	20	167,367			
Média Geral	9,608				
Coeficiente de Variação	12,62%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.6.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	50,921	25,461	62,512	0,0000
Repetições	18	7,331	0,407		
Total	20	58,253			
Média Geral	3,970				
Coeficiente de Variação	16,08%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: Ln (Vx)

TABELA 2.6.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	44,810	22,405	18,341	0,0000
Repetições	18	21,988	1,222		
Total	20	66,798			
Média Geral	2,450				
Coeficiente de Variação	45,10%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: ATAN (Vx)

## 2.7 Materia seca e quantidades de macronutrientes na colheita da erva-mate

TABELA 2.7.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA MATÉRIA SECA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - MS

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	155804,46	77902,230	7,353	0,0046
Repetições	18	190701,61	10594,534		
Total	20	346506,07			
Média Geral	391,451				
Coeficiente de Variação	26,29%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	204,290	102,145	42,278	0,0000
Repetições	18	43,488	2,416		
Total	20	247,778			
Média Geral	4,089				
Coeficiente de Variação	38,02%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	0,673	0,336	46,246	0,0000
Repetições	18	0,131	0,007		
Total	20	0,803			
Média Geral	0,297				
Coeficiente de Variação	28,70%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: ATAN (Vx)

TABELA 2.7.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	43,203	21,602	25,967	0,0000
Repetições	18	14,974	0,832		
Total	20	58,178			
Média Geral	3,731				
Coeficiente de Variação	24,45%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	10,665	5,333	16,678	0,0001
Repetições	18	5,755	0,320		
Total	20	16,421			
Média Geral	1,515				
Coeficiente de Variação	37,32%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: ATAN (Vx)

TABELA 2.7.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	11,714	5,857	10,485	0,0010
Repetições	18	10,055	0,559		
Total	20	21,769			
Média Geral	1,028				
Coeficiente de Variação	72,73%				

FONTE: O Autor (2009).

NOTA: Dados transformados pela fórmula: ATAN (Vx)

## 2.8 Teores de macronutrientes na biomassa da roçada da regeneração natural do SAF

TABELA 2.8.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA ROÇADA DA REGENERAÇÃO NATURAL - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	363,223	363,223	47,138	0,0000
Repetições	12	92,466	7,706		
Total	13	455,689			
Média Geral	12,838				
Coeficiente de Variação	21,62%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.8.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	1,010	1,010	21,774	0,0005
Repetições	12	0,557	0,046		
Total	13	1,566			
Média Geral	1,101				
Coeficiente de Variação	19,55%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.8.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	19,071	19,071	3,113	0,1031
Repetições	12	73,511	6,126		
Total	13	92,582			
Média Geral	12,746				
Coeficiente de Variação	19,42%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.8.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	59,122	59,122	10,298	0,0075
Repetições	12	68,894	5,741		
Total	13	128,016			
Média Geral	7,052				
Coeficiente de Variação	33,98%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ERVA-MATE - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	1,902	1,902	12,339	0,0043
Repetições	12	1,850	0,154		
Total	13	3,751			
Média Geral	1,660				
Coeficiente de Variação	23,65%				

FONTE: O Autor (2009).

## 2.9 Materia seca e quantidades de macronutrientes na biomassa da roçada da regeneração natural do SAF

TABELA 2.9.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA MATÉRIA SECA NA BIOMASSA DA COLHEITA DA ROÇADA DA REGENERAÇÃO NATURAL - MS

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	17,794,343	17,794,343	0,281	
Repetições	12	761,249,306	63,437,442		
Total	13	779,043,649			
Média Geral		1,007,364			
Coeficiente de Variação		25,00 %			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA ROÇADA NATURAL - N

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	439,600	439,600	27,261	0,0002
Repetições	12	193,508	16,126		
Total	13	633,108			
Média Geral		13,169			
Coeficiente de Variação		30,49%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA ROÇADA NATURAL - P

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	1,302	1,302	10,276	0,0076
Repetições	12	1,521	0,217		
Total	13	2,283			
Média Geral		1,124			
Coeficiente de Variação		31,68 %			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA ROÇADA NATURAL - K

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	33,570	33,570	1,459	0,2504
Repetições	12	276,100	23,008		
Total	13	309,670			
Média Geral		13,071			
Coeficiente de Variação		36,70%			

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA ROÇADA NATURAL - Ca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	33,570	33,570	1,459	0,2504
Repetições	12	276,100	23,008		
Total	13	309,670			
Média Geral	7,113				
Coefficiente de Variação	33,04%				

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 2.7.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NA BIOMASSA DA ROÇADA NATURAL - Mg

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	S,Q	Q,M	VALOR F	PROB, > F
Frações	1	2,145	2,145	4,528	0,0547
Repetições	12	5,684	0,474		
Total	13	7,829			
Média Geral	1,716				
Coefficiente de Variação	40,11%				

FONTE: O Autor (2009).

### ANEXO 3 – DENSIDADE DE ESPÉCIES POR ESTRATO

TABELA 3.1 – NOME CIENTÍFICO, FAMÍLIA, DENSIDADE TOTAL E DENSIDADE NOS ESTRATOS DE ESPÉCIES ENCONTRADAS EM SISTEMA AGRIFLORESTAL COM ERVA-MATE.

Nº	Nome científico	Família	Densidade Total	Densidade nos Estratos		
				Inferior	Intermediário	Dossel
1	<i>Allophylus edulis</i>	Sapindaceae	38,10	19,05	19,05	0,00
2	<i>Aniba firmula</i>	Lauraceae	76,19	0,00	19,05	57,14
3	<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucariaceae	6,35	0,00	0,00	6,35
4	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	25,40	12,70	12,70	0,00
5	<i>Clethra scabra</i>	Clethraceae	247,62	6,35	57,14	184,13
6	<i>Drymis brasiliensis</i>	Winteraceae	6,35	6,35	0,00	0,00
7	<i>Eugenia pyriformis</i>	Myrtaceae	6,35	6,35	0,00	0,00
8	<i>Ilex brevicuspis</i>	Aquifoliaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
9	<i>Ilex dumosa</i>	Aquifoliaceae	44,44	6,35	31,75	6,35
10	<i>Ilex theezans</i>	Aquifoliaceae	19,05	6,35	6,35	6,35
11	<i>Jacaranda micrantha</i>	Bignoniaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
12	<i>Lamanonia speciosa</i>	Cunoniaceae	50,79	6,35	31,75	12,70
13	<i>Matayba elaeagnoides</i>	Sapindaceae	6,35	6,35	0,00	0,00
14	<i>Mimosa scabrella</i>	Leguminosae	12,70	0,00	0,00	12,70
15	Morta	Mortaceae	44,44	44,44	0,00	0,00
16	<i>Myrceugenia miersiana</i>	Myrtaceae	6,35	6,35	0,00	0,00
17	<i>Nectandra megapotamica</i>	Lauraceae	31,75	0,00	19,05	12,70
18	<i>Ocotea bicolor</i>	Lauraceae	25,40	0,00	12,70	12,70
19	<i>Ocotea porosa</i>	Lauraceae	57,14	12,70	25,40	19,05
20	<i>Ocotea puberula</i>	Lauraceae	38,10	0,00	6,35	31,75
21	<i>Piptocarpha angustifolia</i>	Asteraceae	6,35	0,00	6,35	0,00
22	<i>Psidium cattleianum</i>	Myrtaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
23	<i>Roupala montana</i>	Proteaceae	25,40	0,00	19,05	6,35
24	<i>Sapium glandulatum</i>	Euphorbiaceae	12,70	6,35	0,00	6,35
25	<i>Sebastiania commersoniana</i>	Euphorbiaceae	50,79	0,00	44,44	6,35
26	<i>Solanum mauritianum</i>	Solanaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
27	<i>Solanum pseudo-quina</i>	Solanaceae	12,70	0,00	12,70	0,00
28	<i>Styrax leprosum</i>	Styracaceae	63,49	0,00	19,05	44,44
29	<i>Symplocos tenuifolia</i>	Symplocaceae	19,05	6,35	12,70	0,00
30	<i>Symplocos tetrandra</i>	Symplocaceae	12,70	0,00	6,35	6,35
31	<i>Vernonanthura discolor</i>	Asteraceae	6,35	0,00	6,35	0,00
Total			977,78	152,38	393,65	431,75

FONTE: O autor (2009).

TABELA 3.2 – NOME CIENTÍFICO, FAMÍLIA, DENSIDADE TOTAL E DENSIDADE NOS ESTRATOS DE ESPÉCIES ENCONTRADAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Nº	Nome científico	Familia	Densidade Total	Densidade nos Estratos		
				Inferior	Intermediário	Dossel
1	<i>Allophylus edulis</i>	Sapindaceae	19,05	6,35	6,35	6,35
2	<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucariaceae	25,40	6,35	6,35	12,70
3	<i>Baccharis oreophila</i>	Asteraceae	12,70	0,00	12,70	0,00
4	<i>Casearia decandra</i>	Flacourtiaceae	44,44	6,35	19,05	19,05
5	<i>Casearia obliqua</i>	Flacourtiaceae	44,44	6,35	31,75	6,35
6	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	38,10	6,35	0,00	31,75
7	<i>Celtis iguanaeus</i>	Ulmaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
8	<i>Cinnamodendron dinissii</i>	Canellaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
9	<i>Clethra scabra</i>	Clethraceae	44,44	25,40	19,05	0,00
10	<i>Ilex dumosa</i>	Aquifoliaceae	12,70	6,35	6,35	0,00
11	<i>Ilex paraguariensis</i>	Aquifoliaceae	114,29	88,89	19,05	6,35
12	<i>Ilex theezans</i>	Aquifoliaceae	6,35	6,35	0,00	0,00
13	<i>Lamanonia speciosa</i>	Cunoniaceae	19,05	0,00	6,35	12,70
14	<i>Matayba eleagnoides</i>	Sapindaceae	19,05	6,35	12,70	0,00
15	Morta	Morta	44,44	25,40	19,05	0,00
16	<i>Myrceugenia miersiana</i>	Myrtaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
17	<i>Myrcia rostrata</i>	Myrtaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
18	<i>Nectandra lanceolata</i>	Lauraceae	6,35	0,00	6,35	0,00
19	<i>Ocotea bicolor</i>	Lauraceae	12,70	6,35	6,35	0,00
20	<i>Ocotea porosa</i>	Lauraceae	19,05	0,00	19,05	0,00
21	<i>Ocotea puberula</i>	Lauraceae	44,44	12,70	12,70	19,05
22	<i>Picramnia excelsa</i>	Simaroubaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
23	<i>Piptocarpa axillaris</i>	Asteraceae	25,40	0,00	12,70	12,70
24	<i>Pitocarpa angustifolia</i>	Asteraceae	184,13	38,10	76,19	69,84
25	<i>Rollinia emarginata</i>	Annonaceae	19,05	6,35	12,70	0,00
26	<i>Sapium glandulatum</i>	Proteaceae	12,70	6,35	6,35	0,00
27	<i>Solanum pseudo-quina</i>	Solanaceae	6,35	0,00	6,35	0,00
28	<i>Solanum sanctae-katharinae</i>	Solanaceae	6,35	6,35	0,00	0,00
29	<i>Styrax leprosum</i>	Styracaceae	63,49	19,05	19,05	25,40
30	<i>Symphyopappus compressus</i>	Asteraceae	38,10	0,00	12,70	25,40
31	<i>Vernonanthura discolor</i>	Asteraceae	63,49	0,00	12,70	50,79
32	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	6,35	6,35	0,00	0,00
Total			984,13	292,06	393,65	298,41

FONTE: O Autor (2006).

## ANEXO 4 – MÉDIAS DAS VARIÁVEIS ANALISADAS

TABELA 4.1 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES EM FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Identificação	.....gkg. <sup>-1</sup> .....					
	N	P	K	Ca	Mg	
Sistema						
SAF	14,90	1,03	1,36	7,52	1,63	
FOM	15,29	1,19	1,01	6,48	1,82	
Fração						
Folhas	17,62	1,24	1,63	7,48	2,16	
Miscelânea	17,46	1,31	1,03	7,42	1,72	
Ramos	10,20	0,78	0,90	6,09	1,28	
Sistema x Fração						
SAF	Folhas	16,74	1,12	1,87	7,81	2,18
	Miscelânea	17,82	1,19	1,10	7,85	1,58
	Ramos	10,13	0,79	1,11	6,89	1,12
FOM	Folhas	18,49	1,37	1,39	7,15	2,13
	Miscelânea	17,10	1,43	0,95	6,98	1,87
	Ramos	10,26	0,78	0,69	5,30	1,44

FONTE: O autor (2009).

TABELA 4.2 - MÉDIAS DE MATÉRIA SECA (MS) E MACRONUTRIENTES (kgha<sup>-1</sup>) EM FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Identificação	MS (kgha <sup>-1</sup> )	.....kgha. <sup>-1</sup> .....					
		N	P	K	Ca	Mg	
Sistema							
SAF	2.363,45	36,33	2,48	3,19	17,91	3,84	
FOM	2.876,39	40,12	3,12	2,50	17,74	4,88	
Fração							
Folhas	1.661,61	28,90	2,01	2,81	12,69	3,60	
Miscelânea	3.037,39	53,19	3,96	3,08	22,63	5,21	
Ramos	3.160,77	32,59	2,44	2,64	18,16	4,27	
Sistema x Fração							
SAF	Folhas	2.107,08	35,40	2,34	3,98	16,61	4,59
	Miscelânea	3.052,87	54,51	3,62	3,38	24,03	4,82
	Ramos	1.930,40	19,08	1,48	2,21	13,08	2,12
	Total	7.090,36	109,00	7,45	9,57	53,72	11,52
FOM	Folhas	1.216,13	22,39	1,69	1,64	8,77	2,61
	Miscelânea	3.021,90	51,86	4,29	2,79	21,22	5,59
	Ramos	4.391,14	46,10	3,40	3,07	23,24	6,43
	Total	8.629,17	120,35	9,37	7,50	53,23	14,64

FONTE: O autor (2009).

TABELA 4.3 – ATRIBUTOS QUÍMICOS EM TRÊS PROFUNDIDADES DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Identificação	pH		Al <sup>3+</sup> .....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....	H+ Al	CTC <sub>a pH7</sub>	
	CaCl <sub>2</sub>	SMP				
Sistema						
SAF	3,90	4,59	3,21	14,70	17,51	
FOM	3,87	4,54	3,42	15,07	17,18	
Profundidade						
0 a 5	3,86	4,54	3,13	15,10	18,61	
5 a 10	3,86	4,54	3,52	14,75	16,95	
10 a 20	3,93	4,61	3,31	14,80	16,48	
Sistema x Profundidade						
SAF	0 a 5	3,89	4,57	2,94	14,47	18,67
	5 a 10	3,87	4,54	3,50	14,76	17,20
	10 a 20	3,93	4,66	3,20	14,86	16,67
FOM	0 a 5	3,83	4,50	3,31	15,73	18,54
	5 a 10	3,86	4,54	3,54	14,74	16,69
	10 a 20	3,93	4,57	3,41	14,74	16,30
Identificação	SB	V	m	C	MOS(C*0,58)	
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	.....%.....		gdm <sup>-3</sup>	gdm <sup>-3</sup>	
Sistema						
SAF	2,82	16,05	54,81	34,49	20,00	
FOM	2,11	12,24	62,24	36,64	21,25	
Profundidade						
0 a 5	3,51	19,00	47,86	41,88	24,29	
5 a 10	2,20	13,07	61,57	35,61	20,66	
10 a 20	1,68	10,36	66,14	29,21	16,94	
Sistema x Profundidade						
SAF	0 a 5	4,20	22,71	41,71	40,06	23,23
	5 a 10	2,45	14,43	58,57	34,46	19,99
	10 a 20	1,81	11,00	64,14	28,96	16,80
FOM	0 a 5	2,81	15,29	54,00	43,70	25,35
	5 a 10	1,95	11,71	64,57	36,77	21,33
	10 a 20	1,55	9,71	68,14	29,46	17,09
Identificação	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	
	gkg <sup>-1</sup>	mgdm <sup>-3</sup>		.....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....		
Sistema						
SAF	3,52	2,02	0,27	1,46	1,09	
FOM	3,03	2,38	0,18	1,02	0,90	
Profundidade						
0 a 5	4,42	3,20	0,34	1,76	1,41	
5 a 10	2,90	2,11	0,21	1,08	0,91	
10 a 20	2,51	1,29	0,14	0,88	0,66	
Sistema x Profundidade						
SAF	0 a 5	4,78	2,77	0,42	2,16	1,63
	5 a 10	3,24	2,07	0,25	1,20	1,00
	10 a 20	2,54	1,23	0,15	1,01	0,64
FOM	0 a 5	4,06	3,63	0,26	1,37	1,19
	5 a 10	2,56	2,16	0,16	0,96	0,83
	10 a 20	2,48	1,36	0,13	0,74	0,69

FONTE: O Autor (2009).

TABELA 4.4 - GRANULOMETRIA DO SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Identificação	Areia gkg <sup>-1</sup>	Silte gkg <sup>-1</sup>	Argila gkg <sup>-1</sup>	
Sistema				
SAF	50,4	255,8	693,8	
Floresta	86,2	292,4	621,4	
Profundidade				
0 a 5	69,4	295,9	634,7	
5 a 10	71,0	283,3	645,7	
10 a 20	64,5	243,1	692,4	
Sistema x Profundidade				
SAF	0 a 5	52,2	255,0	692,9
	5 a 10	49,1	275,2	675,7
	10 a 20	49,8	237,3	712,9
FOM	0 a 5	86,5	336,9	576,6
	5 a 10	92,9	291,4	615,7
	10 a 20	79,2	248,8	672,0

FONTE: O autor (2009).

TABELA 4.5 - POROSIDADE E DENSIDADE DO SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COM ERVA-MATE (SAF) E FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM)

Identificação	Macro – porosidade m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Micro- porosidade m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Porosidade Total m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Densidade de Partícula kgdm <sup>-3</sup>	Densidade do solo kgdm <sup>-3</sup>	
Sistema						
SAF	0,32	0,36	0,68	2,55	0,81	
Floresta	0,29	0,40	0,69	2,57	0,79	
Profundidade						
0 a 5	0,38	0,36	0,73	2,50	0,66	
5 a 10	0,31	0,37	0,67	2,57	0,83	
10 a 20	0,24	0,41	0,65	2,62	0,90	
Sistema x Profundidade						
SAF	0 a 5	0,41	0,33	0,74	2,51	0,67
	5 a 10	0,32	0,35	0,67	2,55	0,84
	10 a 20	0,24	0,41	0,65	2,60	0,91
FOM	0 a 5	0,34	0,39	0,74	2,48	0,66
	5 a 10	0,30	0,38	0,68	2,58	0,83
	10 a 20	0,24	0,42	0,65	2,63	0,9

FONTE: O autor (2009).