

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FABIANA DE MEDEIROS SILVEIRA



**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ESTÁGIOS SUCESSIONAIS DA
FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DO PARANÁ**

**CURITIBA
2015**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FABIANA DE MEDEIROS SILVEIRA

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ESTÁGIOS SUCESSIONAIS DA
FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DO PARANÁ.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração Conservação da Natureza, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

**Orientador: Dr. Renato Marques
Co-orientadora: Dra. Kelly Geronazzo Martins.**

**CURITIBA
2015**

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Silveira, Fabiana de Medeiros

Ciclagem de nutrientes em estágios sucessionais da floresta ombrófila densa do Paraná / Fabiana de Medeiros Silveira. – 2015

142 f. : il.

Orientador: Dr. Renato Marques

Coorientadora: Dr^a. Kelly Geronazzo Martins

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 27/02/2015.

Área de concentração: Conservação da natureza.

1. Mata Atlântica. 2. Ciclos biogeoquímicos – Antonina (PR). 3. Serapilheira – Antonina (PR). 4. Teses. I. Marques, Renato. II. Martins, Kelly Geronazzo. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.18

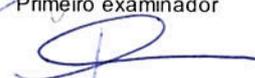
PARECER

Defesa nº. 1091

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) *Fabiana de Medeiros Silveira* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ESTÁGIOS SUCESSIONAIS DA FLORESTA OMBRÓFILA Densa NO PARANÁ**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em **CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**.



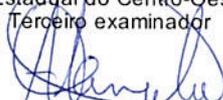
Dr. Josiléia Acordi Zanatta
Embrapa Florestas
Primeiro examinador



Dr. Fabiane Machado Vezzani
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador



Dr. Kelly Geronazzo Martins
Universidade Estadual do Centro-Oeste - Unicentro
Terceiro examinador



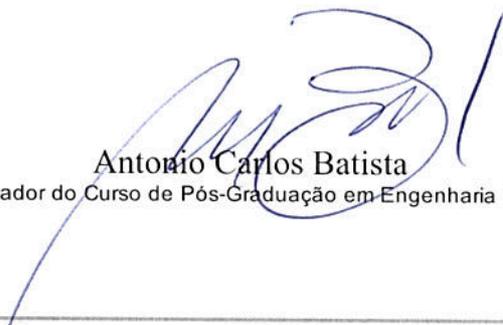
Dr. Alessandro Camargo Angelo
Universidade Federal do Paraná
Quarto examinador



Dr. Renato Marques
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 27 de fevereiro de 2015.



Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

A minha Mãe Maria José e a todos meus TIOS e TIAS

Ao meu FILHO Bernardo

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelas pessoas que colocou em meu caminho e que compartilharam momentos que jamais esquecerei.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realização do doutorado em Engenharia Florestal.

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

À Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS) pela cessão da área de estudo, pelo apoio logístico e de infra-estrutura e auxílio dos guarda-parques na realização dos trabalhos de campo.

Aos professores dessa Universidade, dos departamentos de Solos e Engenharia Agrícola, Ciências Florestais pelos conhecimentos compartilhados e pelo apoio em diversas etapas da realização do trabalho.

Aos colegas do curso pela convivência, pelas risadas, pelas conversas, por toda ajuda que recebi durante estes 4 anos, agradeço a Barbara Sloboda, Jonas Bianchin, Thiago Woiciechowski.

Aos estagiários que me auxiliaram durante a execução do trabalho, meu muito obrigado em especial ao Cilmar Dalmaso, por seu incansável empenho em me ajudar.

A laboratorista Eveline Mattiusi, que apesar de ter chegado apenas este ano, esteve sempre presente me dando apoio, carinho e ajudas mais que importantes nos momentos finais deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Renato Marques pela orientação do trabalho e por seu grande coração de “Pai”, críticas e sugestões de melhoria.

Ao SIMEPAR pelo fornecimento das informações meteorológicas.

À minha colega, minha irmã e minha co-orientadora de coração Cristine Gobel Donha, pelas conversas, pelo cuidado sempre, pelo ombro amigo, pelas palavras de incentivo, pelas hospedagens, por toda ajuda durante estes quatro anos e nos 45 minutos do segundo tempo também e por todo tempo a mim dedicado nas correções deste documento; pode ter certeza minha amiga, esse título é nosso porque sem você nada disso seria possível.

Ao meu colega e irmão, meu grande amigo e também co-orientador do coração Hilbert Blun, por tudo “Guri”, pela força, pelas hospedagens, pelos momentos de descontração, por estar sempre presente e pronto para me ajudar.

Aos meus tios, todos incansáveis, muito obrigada pelo carinho, e cuidados preciosos com meu filho em minha ausência.

A minha mãe, minha rainha, minha grande amiga e incentivadora pelo apoio em todas as fases do trabalho e por todo zelo de uma maravilhosa Avó que és.

As minhas irmãs Cristina e Natalia, pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

Ao meu filho Bernardo, luz da minha vida, peço perdão pelos momentos de nervosismo, falta de tempo, pela ausência e correria. Mas também agradeço por tantos outros momentos de alegria, companheirismo e tolerância que passamos juntos amor.

Ao meu namorado Dalciomar Borba, pela paciência, companheirismo, compreensão, amor e carinho em todos os momentos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e conclusão deste trabalho, meu mais sincero MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	14	
1.1 Floresta Atlântica.....	14	
Objetivo Geral	17	
Objetivos Específicos.....	17	
2. MATERIAL E MÉTODOS GERAL.....	18	
2.1 Localização da área de estudo.....	18	
2.2. Clima.....	19	
2.4 Solos.....	22	
2.5. Vegetação	24	
2.6 Florística.....	28	
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29	
CAPÍTULO I - FITOMASSA E NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA ACUMULADA DE FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DA FLORESTA ATLÂNTICA NO PARANÁ		32
1. INTRODUÇÃO.....	32	
1.1 Objetivo Geral	33	
1.1.1. Objetivos Específicos.....	33	
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	34	
2.1 Avaliação da serapilheira acumulada	34	
2.3 Análises estatísticas.....	37	
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38	
3.1 Fitomassa total da serapilheira acumulada.....	38	
3.2 Fitomassa por fração da serapilheira acumulada	39	
3.4 Estoque de C, Macronutrientes, Micronutrientes, Sódio e Al na serapilheira acumulada	61	
4. CONCLUSÕES.....	67	
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68	
WOICIECHOWSKI, T. Ciclagem de fitomassa e nutrientes na Floresta Ombrófila Densa Submontana no litoram do Paraná. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)– Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.....		70
.CAPITULO II - DINÂMICA DA DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DA FLORESTA ATLÂNTICA NO PARANÁ		70

CAPITULO II - DINÂMICA DA DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DA FLORESTA ATLÂNTICA NO PARANÁ	71
1. INTRODUÇÃO	71
1.1 Objetivo Geral.....	73
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	73
2.1 Ensaio de decomposição	73
2.2 Estimativa da constante de decomposição e fatores de correção	75
2.3 Análises químicas	76
2.4 Análises estatísticas.....	76
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
3.1 Fitomassa remanescente e taxa de decomposição	77
3.3 Dinâmica de macro e micro elementos na serapilheira em decomposição.....	80
4. CONCLUSÕES.....	88
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
CAPITULO III MINERALIZAÇÃO DE NITROGÊNIO DO SOLO SOB FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DA FLORESTA ATLÂNTICA NO PARANÁ.....	92
1. INTRODUÇÃO.....	92
1.1 Objetivo Geral	94
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	94
2.2 Análises estatísticas.....	97
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
3.1 Mineralização do Nitrogênio	97
4. CONCLUSÕES.....	101
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: BRASIL, ESTADO DO PARANÁ, ANTONINA E RESERVA NATURAL RIO CACHOEIRA. ADAPTADO DE BORGIO 2010. ...	18
FIGURA 2. DADOS METEREOLÓGICOS DO ANO DE 2008 DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA, PR. UTILIZADOS PARA O CAPITULO II DE DECOMPOSIÇÃO.	20
FIGURA 3. DADOS METEREOLÓGICOS DAS ESTAÇÕES AO LONGO DOS ANOS DE 2013 E 2014 E DADOS MÉDIOS DE 1978 A 1999, DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA, PR.	20
FIGURA 4. ASPECTO DAS ÁREAS DE REGENERAÇÃO INICIAL (INI) NO ECOSSISTEMA DE FODS, NOMUNICÍPIO DE ANTONINA-PR.	25
FIGURA 5 ASPECTOS DAS ÁREAS EM ESTÁDIO MÉDIO DE REGENERAÇÃO (MED) NO ECOSSISTEMA DE FODS, NO MUNICÍPIO DE ANTONINA-PR.	26
FIGURA 6. ASPECTO DAS ÁREAS DE FLORESTA AVANÇADA (AVA) NO ECOSSISTEMA DE FODS, NO MUNICÍPIO DE ANTONINA-PR.	27
FIGURA 7 . COLETA E FRACIONAMENTO DA SERAPILHEIRA DA FLORESTA OMBROFILA Densa EM ANTONINA-PR.	35
FIGURA 8. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE A FITOMASSA ACUMULADA. AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE TUKEY OU LSD A 5%.	38
FIGURA 9. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE A FITOMASSA DAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%. FONTE: O AUTOR.	40
FIGURA 10. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE CARBONO DAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.	42
FIGURA 11. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE NITROGÊNIO DAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.	44

FIGURA 12. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE A RELAÇÃO C/N DAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.

..... 47

FIGURA 13. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE FÓSFORO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.

..... 48

FIGURA 14. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE POTÁSSIO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.

..... 50

FIGURA 15. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE CÁLCIO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.

..... 51

FIGURA 16. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE MAGNÉSIO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.

..... 53

FIGURA 17. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE SÓDIO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.

..... 54

FIGURA 18. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE ALUMÍNIO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.

..... 56

FIGURA 19. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE MANGANÉS NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.

..... 57

FIGURA 20. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE FERRO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%	58
FIGURA 21. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE ZINCO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%	59
FIGURA 22. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE COBRE NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.	60
FIGURA 23. SACOS DE DECOMPOSIÇÃO DE MALHA DE 5 MM ALOCADOS EM TRÊS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS (INI, MED, AVA) EM ANTONINA, PR.	74
FIGURA 24. FITOMASSA REMANESCENTE AO LONGO DO PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO EM TRÊS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS NA FLORESTA ATLÂNTICA DO SUL DO BRASIL.	77
FIGURA 25. DINÂMICA DAS CONSTANTES DE DECOMPOSIÇÃO EM TRÊS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS NA FLORESTA ATLÂNTICA DO SUL DO BRASIL.	78
FIGURA 26. CONCENTRAÇÕES DE C (%), N (%) E RELAÇÃO C/N NOS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS 1-INI, 2-MED E 3-AVA EM ANTONINA-PR.	80
FIGURA 27. DINÂMICA DA PORCENTAGEM DOS MACRO ELEMENTOS (N, P, K,) NO MATERIAL REMANESCENTE AO LONGO DE 310 DIAS EM QUE PERMANECERAM NO CAMPO, EM TRES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS (INI, MED E AVA). FONTE: O AUTOR. AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O ERRO PADRÃO.	83
FIGURA 28. DINÂMICA DA PORCENTAGEM DOS MACRO ELEMENTOS (CA, MG,) E NA NO MATERIAL REMANESCENTE AO LONGO DE 310 DIAS EM QUE PERMANECERAM NO CAMPO, EM TRES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS (INI, MED E AVA). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O ERRO PADRÃO. FONTE: O AUTOR	84
FIGURA 29. DINÂMICA DA PORCENTAGEM DOS MICRO ELEMENTOS (MN, CU) NO MATERIAL REMANESCENTE AO LONGO DE 310 DIAS EM QUE PERMANECERAM NO CAMPO, EM TRES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS (INI, MED E AVA). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O ERRO PADRÃO.	85
FIGURA 30. DINÂMICA DA PORCENTAGEM DOS MICRO ELEMENTOS (ZN, FE) NO MATERIAL REMANESCENTE AO LONGO DE 310 DIAS EM QUE PERMANECERAM NO	

CAMPO, EM TRES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS (INI, MED E AVA). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O ERRO PADRÃO.....	86
FIGURA 31. ILUSTRAÇÃO DA COLETA DO SOLO, AGITAÇÃO E CENTRIFUGAÇÃO DOS TUBOS CONTENDO A SOLUÇÃO EXTRATORA DE KCL 2 MOL L-1, E APÓS ADIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA O ENSAIO DE MINERALIZAÇÃO ANAERÓBICA EM LABORATÓRIO.....	95
FIGURA 32. COMPORTAMENTO DA MINERALIZAÇÃO DE NITROGÊNIO (A-VERÃO DE 2013; B-INVERNO DE 2013, C-VERÃO 2014; D-INVERNO 2014), NOS 3 ESTAGIOS SUCESSIONAIS, EM UM PERIODO DE 0 A 45 DIAS DE INCUBAÇÃO EM ANTONINA, PR.	98
FIGURA 33. NITROGÊNIO MINERAL ACUMULADO (A-VERÃO DE 2013; B-INVERNO DE 2013, C-VERÃO 2014; D-INVERNO 2014)AO LONGO DO PERÍODO DE 45 DIAS DE INCUBAÇÃO DOS SOLOS EM AREAS DE SUCESSÃO FLORESTAL (INI, MED E AVA) EM ANTONINA, PR.	99
FIGURA 34. RELAÇÃO ENTRE DADOS CLIMÁTICOS (TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO) COM A MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO E AS ESTAÇÕES DOS ANOS DE 2013 E 2014.	100

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ATRIBUTOS PEDOLÓGICOS NAS ÁREAS DE ESTUDO DA RESERVA NATURAL DO RIO CACHOEIRA/PR, DE 0 A 40 cm DE PROFUNDIDADE.....	23
TABELA 2. DADOS MÉDIOS DE ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO NA SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO NOS ESTAGIOS SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.	63
TABELA 3. DADOS MÉDIOS DE ESTOQUE DE FÓSFORO, POTÁSSIO, CALCIO E MAGNÉSIO NA SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO NOS ESTAGIOS SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.	64
TABELA 4. DADOS MÉDIOS DE ESTOQUE DE MICRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO NOS ESTAGIOS SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.....	65

RESUMO

O funcionamento biogeoquímico das florestas tropicais é reconhecido como o principal responsável pela autossustentabilidade florestal, uma vez que pela liberação dos nutrientes presentes na fitomassa pelos processos de decomposição e mineralização ocorre o suprimento de grande parte dos nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento das espécies florestais. Este trabalho faz parte de um projeto (Solobioma) que teve como um dos focos o estudo da ciclagem biogeoquímica em florestas secundárias da Mata Atlântica. O objetivo aqui foi avaliar a composição química da serapilheira acumulada, sua taxa de decomposição e a dinâmica de liberação de nutrientes e mineralização do nitrogênio em três áreas da Floresta Ombrofila Densa Submontana, na Reserva Natural do Rio Cachoeira, Antonina, PR. As áreas selecionadas para o estudo encontravam-se em diferentes estágios sucessionais, sendo denominadas fases inicial (INI), média (MED) e avançada (AVA). A serapilheira acumulada foi coletada em diferentes estações do ano e triada em frações antes das análises químicas. Nos mesmos pontos e datas da amostragem para a serapilheira acumulada foi coletado solo a 5 cm de profundidade para o ensaio de mineralização. Para o ensaio de decomposição foram selecionadas as espécies *Alchorneatriplinervia*, *Pera glabrata*, *Calypthrantesspec* e *Sloaneaguianensis*, que foram inseridas em saquinhos de decomposição, sendo feitas quatro retiradas entre agosto de 2008 e abril de 2009. O material remanescente foi seco em estufa, pesado e moído para sua caracterização química. A serapilheira acumulada total no estágio sucessional inicial (INI) foi inferior aos demais estágios (MED e AVA) que apresentaram comportamento semelhante. A fração folhas em decomposição apresentou maior acumulação entre todas as frações, na estação mais quente, nos estágios sucessionais médio e avançado. A composição química da serapilheira não apresentou diferenças entre os estágios sucessionais. A ordem decrescente dos teores e estoques dos nutrientes para macronutrientes foi N>Ca>Mg>K>P>Na e para os micronutrientes foi Fe>Mn>Zn>Cu. A taxa de decomposição não apresentou diferenças entre os estágios sucessionais, no entanto observou-se uma tendência do estágio inicial apresentar uma taxa de decomposição superior aos outros dois estágios ao longo do processo. O teor de carbono mostrou o mesmo comportamento nos estágios sucessionais, o N apresentou diferença entre os estágios, sendo inferior no estágio avançado o que resultou numa relação C/N alta neste mesmo sítio. Os macros e micronutrientes apresentaram comportamentos distintos entre os estágios sucessionais. Na fase inicial as quantidades médias decrescentes de nutrientes foram: P>N>K>Mg>Ca e Fe>Zn>Na>Cu>Mn; na fase média: P>K>N>Mg>Ca e Zn>Fe>Cu>Na>Mn. Já na fase AVA os nutrientes seguiram as seqüências P>K>N>Mg>Ca e Fe>Zn>Na>Cu>Mn. Para a mineralização do nitrogênio, as idades da floresta não interferiram nos resultados, mas foi observada uma tendência de maior mineralização no estágio inicial, concordante com a menor acumulação de serapilheira e com a maior taxa de decomposição em relação aos outros estágios. A quantidade de nitrogênio potencialmente mineralizável não mostrou relação com o estágio florestal, mas sim com a condição climática durante o ano, onde nos verões a mineralização foi superior aos invernos, independente do estágio sucessional.

Palavras-chaves: Sucessão secundária, sacos de decomposição, mineralização.

ABSTRACT

The biogeochemistry functioning of tropical forests is known as the main responsible for the forest sustainability since the release of nutrients from biomass in decomposition and mineralization supplies most of the nutrients needed for forest growth and development. This work is part of a project (Solobioma) aiming to study the biogeochemistry processes in second growth forests of the Brazilian Southern Mata Atlântica. Here we aimed to evaluate the litter stock; the chemical composition of different fractions of the accumulated litter; the decomposition rate and release of nutrients and the nitrogen mineralization in three areas of Submountain Rain Forest in the Cachoeira River Natural Reserve, Antonina, PR, Brazil. The areas selected for the study were in different successional stages called initial (INI), medium (MED) and advanced (AVA). The litter stock was randomly collected in 5 points within each site, in different weather seasons. The material was sorted by fractions, dried in an oven, weighed and ground for chemical analyzes. On the same points and sampling dates for the accumulated litter soil samples from 5 cm deep were collected for the mineralization experiment. The litter decomposition trial was carried out in the same areas with the distribution on the ground of coarse mesh litterbags filled with the species *Alchorneatriplinervia*, *Peraglabrata*, *Calythranthes spec* and *Sloaneaguianensis*. In total were made four withdrawals from August 2008 to April 2009. The remaining material was dried in an oven, heavy and ground for chemical analysis. The litter stock in initial successional stage (INI) was lower than in the other two (MED and AVA), which showed similar stock. The fraction "leaves in decomposition" showed the highest values of biomass accumulation among all the fractions, in the hottest season, and on the MED and AVA successional stages. The chemical composition of litter did not differ between successional stages. The decreasing order of nutrient content and amount was N > Ca > Mg > K > P and Fe > Mn > Zn > Cu. The decomposition rate did not differ between the successional stages but showed a trend of highest decomposition in the earlier stage (INI) throughout time. The carbon content showed similar values for all successional stages, and the N content was lower in the advanced stage than in the others leading to a highest C/N ratio on the advanced stage. The nutrients showed different behavior between successional stages. In the young phase (INI) the decreasing average amounts of nutrients were: P > N > K > Mg > Ca and Fe > Zn > Na > Cu > Mn; in the middle phase (MED): P > K > N > Mg > Ca and Zn > Fe > Cu > Na > Mn, and in the AVA phase: P > K > N > Mg > Ca and Fe > Zn > Na > Cu > Mn. Forest ages did not interfere with the mineralization process. But there was a trend of highest mineralization in the initial stage which agrees with the lowest litter stock and the highest decomposition rate on this stage. The amount of potential nitrogen mineralization was unrelated to the type of forest, but with the weather conditions, where the highest values were observed for samples collected during the Summer independent of the successional stage.

Keywords: Secondary succession, litter bags, mineralization.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Floresta Atlântica

A Floresta Atlântica é considerada um dos 25 “hotspot” em biodiversidade (Hofer *et al.*, 2011), pela ocorrência de pequenos fragmentos que possuem espécies endêmicas, com perda expressiva de seu habitat natural, superando os recursos disponíveis para a conservação, sendo que esta é uma questão chave para o planejamento destes ecossistemas (Meyers, *et al.*, 2000).

No litoral do Estado do Paraná, encontram-se remanescentes da Mata Atlântica, considerada o terceiro maior bioma do Brasil em extensão, com cerca de 111 milhões de hectares (IBGE, 2004). A serra do mar é a região do Estado que apresenta maior conservação da vegetação original, em torno de 36 % e o segundo maior fragmento está localizado na zona costeira do Estado do Paraná, com aproximadamente 509 mil ha de extensão (RIBEIRO *et al.*, 2009). Nesta porção leste do Estado, definida praticamente em toda sua extensão pela barreira geográfica natural da Serra do Mar, situa-se a região da Floresta Ombrófila Densa (RODERJAN *et al.*, 2002).

O termo Floresta Ombrófila Densa (FOD) foi criado por Mueller-Dombois e Ellenberg em (1974) e significa “amigo das chuvas” Veloso, (1991), indicando que neste ecossistema a vegetação cresce sob muita umidade. No Paraná, está floresta cobre em torno de 11.100 km², de 15 municípios; desde as formações florestais da Planície Litorânea, das encostas da Serra do Mar até parte do vale do rio Ribeira (SEMA, 2002). Em função da grande variedade de comunidades e associações, a Floresta Ombrófila Densa foi dividida em fisionomias diferentes, sendo elas: formações das Terras Baixas, Aluvial, Submontana, Montana e Altomontana (Roderjan *et al.*, 2002), apresentando uma grande diversidade e produtividade de biomassa, com uma estimativa de aproximadamente mais de 700 espécies arbóreas, a maioria exclusiva dessa unidade vegetacional (LEITE, 1994).

A diminuição das áreas de Floresta Atlântica ocorreu por diversas razões: desmatamento para a extração de madeira e lenha, utilização agropecuária, exploração mineral e até mesmo pela ocupação urbana. No litoral do Paraná, muitas

das áreas ocupadas pela agropecuária, foram abandonadas devido à perda de produtividade dos terrenos ou pela criação de áreas de proteção ambiental. Assim, nos dias hoje, existem muitas áreas de florestas secundárias em processo de regeneração natural.

Florestas secundárias são florestas que passam por um processo de regeneração natural, após a ocorrência de um distúrbio na vegetação original, sendo este capaz de modificar sua composição original (FAO, 2003). As causas destes distúrbios podem ser a queda de árvores, incêndios, conhecidos como distúrbios naturais, ou ainda, mudanças nos sistemas de uso do solo, como de floresta para pastagem ou agricultura, chamados de distúrbios antropogênicos.

A retirada de árvores, para um novo sistema de uso do solo florestal, causa alterações no ambiente, como alterações na temperatura, na umidade do solo e na disponibilidade de luz dentro do dossel florestal.(MESQUITA; DELAMÔNICA; LAURANCE, 1999; TABARELLI; MANTOVANI; PERES, 1999). Estas modificações levam a transformações não só na composição de espécies, mas também na dinâmica da nova Floresta. (NASCIMENTO *et al.*, 2005).

O conhecimento do potencial de uma floresta secundária, quanto ao seu funcionamento em relação a uma floresta primária é importante, além da própria biodiversidade nestes ecossistemas. Em função disto, a chave para o entendimento do funcionamento deste ecossistema, está no entendimento dos mecanismos e relações entre a biodiversidade e o ambiente, além do simples conhecimento de sua biodiversidade (WALKER, 1992).

A restauração de uma floresta durante o processo de regeneração natural é possível graças à ciclagem de nutrientes, onde os elementos que se encontram na natureza, circulam na biosfera e retornam ao meio ambiente, sendo este processo conhecido como ciclo biogeoquímico (ODUM, 1988).

Pode-se dizer que este ciclo se inicia pelo processo de absorção dos nutrientes pelas plantas. A quantidade que será absorvida é dependente das características de cada espécie florestal, de sua demanda nos processos metabólicos e na composição estrutural da planta, sendo seu retorno ao solo principalmente na forma de serapilheira depositada.

A serapilheira tem papel fundamental neste ciclo biogeoquímico, uma vez que representa o material morto, proveniente da biomassa florestal, o qual permanece sobre o solo até ser decomposto por processos químicos, físicos e bióticos. Desta forma, seu estudo é de extrema importância, porque pode contribuir para fornecer os índices de produtividade da floresta, assim como suas taxas de decomposição (CUNHA *et al.*, 1993).

Em florestas tropicais, a deposição da serapilheira tem sido alvo de muitos estudos, no entanto, há muitas lacunas abertas sobre esse processo em florestas secundárias com sucessão florestal. São informações importantes e de grande valor para o auxílio no manejo e melhoramento quanto ao conhecimento sobre as espécies nativas (PROTIL, 2006).

A quantidade de serapilheira que se acumula sobre o solo depende de alguns fatores, como o estágio sucessional, espécies presentes, a idade, o tipo de floresta, condições climáticas, taxa de decomposição, entre outros (CALDEIRA *et al.* 2008). A velocidade de decomposição varia conforme a temperatura, a precipitação, a qualidade do material vegetal e a composição da fauna do solo LAVELLE *et al.*, 1993).

Alguns autores destacam o papel do clima na decomposição da serapilheira, onde a taxa de decomposição é menor em estações secas. (SWIFT; RUSSELL-SMITH; PERFECT, 1981). Quando ocorre uma boa distribuição das chuvas durante o ano, as taxas de decomposição tendem a ser menos variáveis (OGAWA, 1978). A temperatura tem um papel importante na dinâmica de decomposição da serapilheira, uma vez que a taxa de decomposição reduz-se à medida que a temperatura decresce (EDWARDS, 1977; DELITTI, 1995).

É através da decomposição da matéria orgânica do solo que o nitrogênio, entre outros nutrientes é liberado na forma mineral, em diferentes velocidades dependendo da composição do material vegetal, uma vez que 95% do N no solo está na forma orgânica, ou seja, não disponível às plantas. Sendo assim, cada solo apresenta uma capacidade distinta em disponibilizar o nitrogênio através da mineralização, conforme suas características químicas, físicas e biológicas (CAMARGO *et al.*, 1997).

O conhecimento do funcionamento biogeoquímico da floresta tem grande importância para se compreender a ecologia florestal, a fragilidade das florestas e sua capacidade de se autossustentar. Neste contexto, em 2003 foi iniciado o Projeto Solobioma (Biota do Solo e Biogeoquímica na Mata Atlântica do Paraná), projeto de cooperação internacional (Brasil-Alemanha), no qual, este trabalho está inserido. Alguns estudos biogeoquímicos foram realizados durante a realização deste projeto, entre os quais se podem citar as pesquisas realizados por Corrêa (2006), Santos (2007) Balbinot (2009), Dickow (2010), Martins (2012), Bianchin (2013) e Sloboda (2013) em sucessões secundárias da Floresta Ombrófila Densa.

O presente trabalho dá continuidade a estes estudos biogeoquímicos e foi estruturado da seguinte maneira:

Uma INTRODUÇÃO GERAL, onde está inserido este texto que contextualiza a importância do trabalho e justifica a sua realização; A seguir são descritas informações gerais das áreas de estudo no item MATERIAL E MÉTODOS GERAL; o CAPÍTULO I é focado no estudo da acumulação de serapilheira e de sua composição química; o CAPÍTULO II trata do estudo de decomposição da serapilheira e da liberação dos nutrientes para o solo; e, finalmente, o CAPÍTULO III tem foco na mineralização do nitrogênio nos solos das diferentes áreas de estudo.

Objetivo Geral

Avaliar a acumulação de serapilheira total e de suas frações, sua composição química, decomposição e a mineralização do nitrogênio no solo em florestas secundárias com estrutura e composição florística distintas.

Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da idade da floresta e da época do ano na acumulação de fitomassa e na concentração de nutrientes nas frações de serapilheira
- Avaliar o efeito da idade da floresta na decomposição da serapilheira; na concentração de nutrientes na serapilheira remanescente e na mineralização do nitrogênio no solo

2. MATERIAL E MÉTODOS GERAL

2.1 Localização da área de estudo

As áreas estão localizadas na Reserva Natural do Rio Cachoeira (RNRC), a qual está situada na porção noroeste da Baía de Antonina (entre as coordenadas $25^{\circ}18'51''\text{S}$ e $48^{\circ}41'45''\text{W}$), no município de Antonina litoral do Estado do Paraná (FIGURA 1).

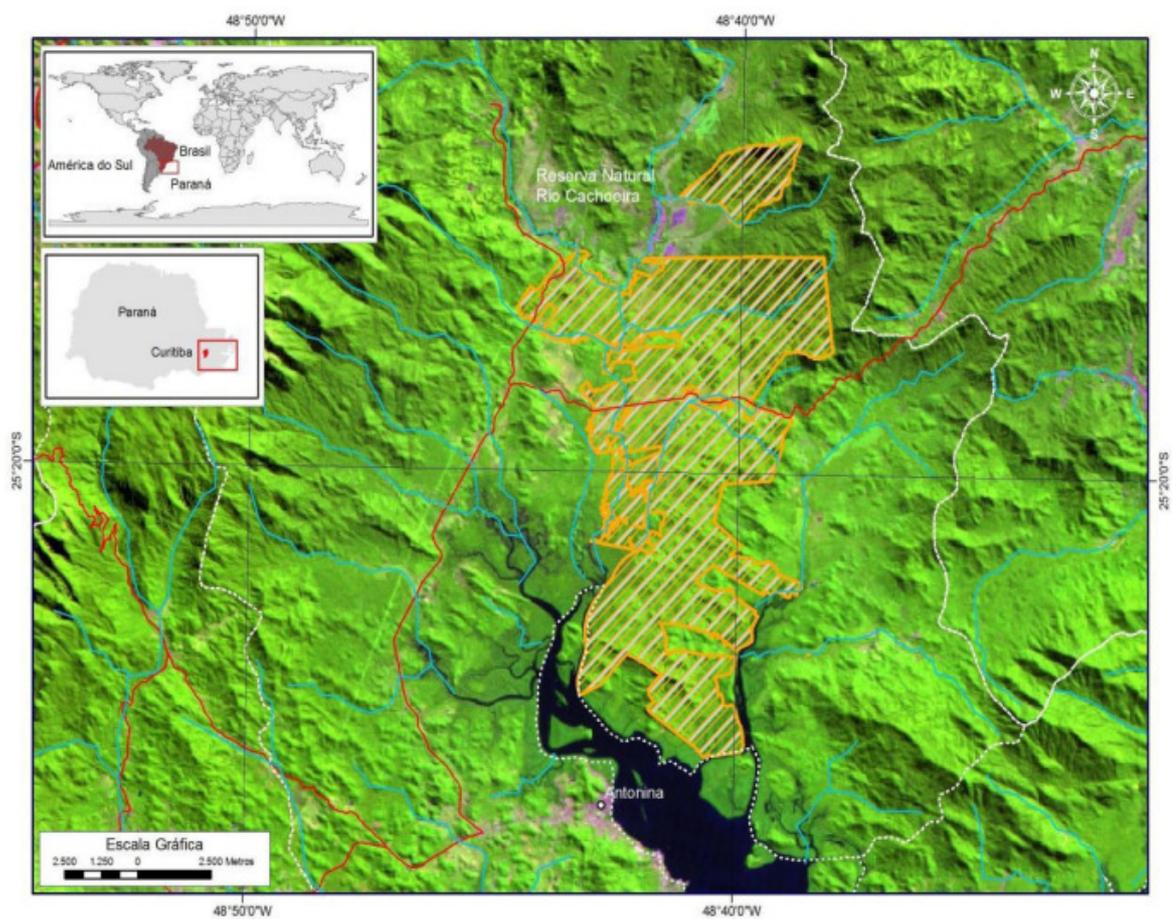


FIGURA 1- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: BRASIL, ESTADO DO PARANÁ, ANTONINA E RESERVA NATURAL RIO CACHOEIRA. ADAPTADO DE BORGIO 2010.
FONTE: MARTINS, (2012)

A reserva faz parte da zona de Conservação da Vida Silvestre da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba e pertence à ONG Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS), possuindo uma área de aproximadamente 8.600 ha.

Ao norte e ao leste, é cercada pela Serra do Mar; ao sul pelo estuário dos rios Cachoeira e Faisqueira; e a oeste por um trecho de planície cruzado pelos rios Cacatu, do Nunes, Xaxim e Curitibaíba, que também encontra o sopé da Serra do Mar. A bacia hidrográfica, em que está inserida a RNRC, é a da Baía de Antonina, cujo principal rio é o Cachoeira, que drena cerca de 700 km² nos seus 48 km de extensão; e banha parte da Reserva. As áreas estão em situação de encosta na Serra do mar, com altitudes de 50 a 450 m aproximadamente, sobre solos originados de rochas ácidas (do Fundo Cristalino Pré-cambiano). (SPVS, 2005).

A Floresta que recobria originalmente esta área corresponde a Floresta Ombrofila Densa Submontana (IBGE, 1992). Atualmente encontra-se em diversos estágios de regeneração, após antropização.

2.2. Clima

O clima na região é do tipo Cfa, segundo Köppen, caracterizado como clima subtropical úmido (mesotérmico), com temperatura média do mês mais frio superior a 18° C; e no mês mais quente superior a 22° C. A região está sujeita à geadas pouco frequentes e há precipitações regulares todos os meses, sem apresentar estação seca definida. (SPVS, 2005). A estação meteorológica de Antonina fica a aproximadamente 10 km da reserva do Cachoeira.

A pluviosidade e a temperatura média do período em que os estudos foram conduzidos, assim como os dados históricos são mostrados nas figuras 2 e 3.

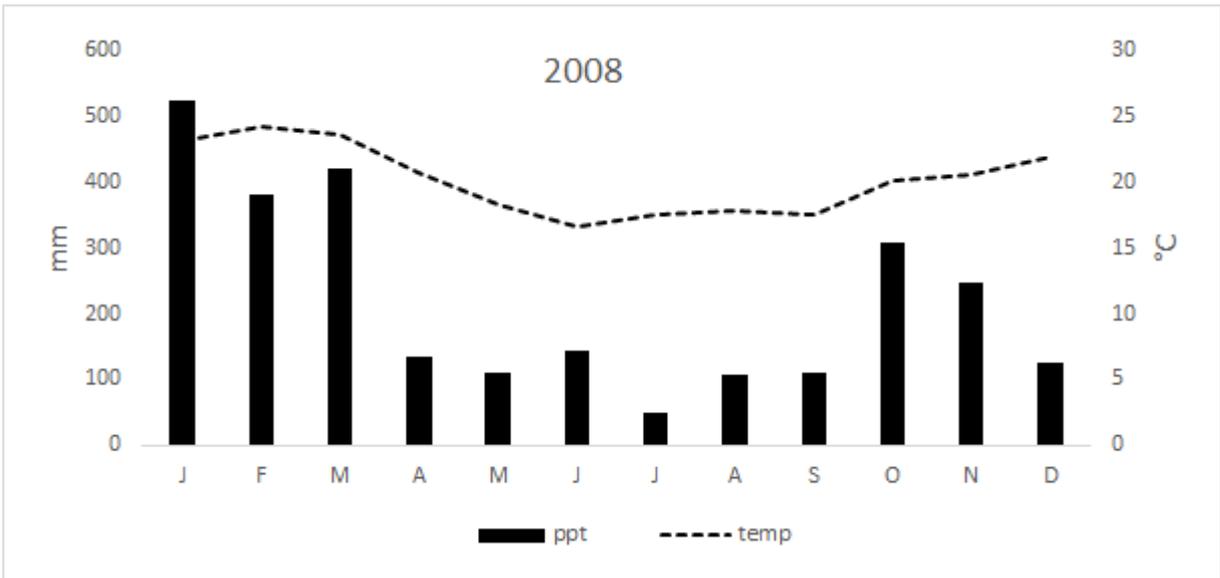


FIGURA 2. DADOS METEREOLÓGICOS DO ANO DE 2008 DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA, PR. UTILIZADOS PARA O CAPITULO II DE DECOMPOSIÇÃO. FONTE: SIMEPAR (2000 A 2008).

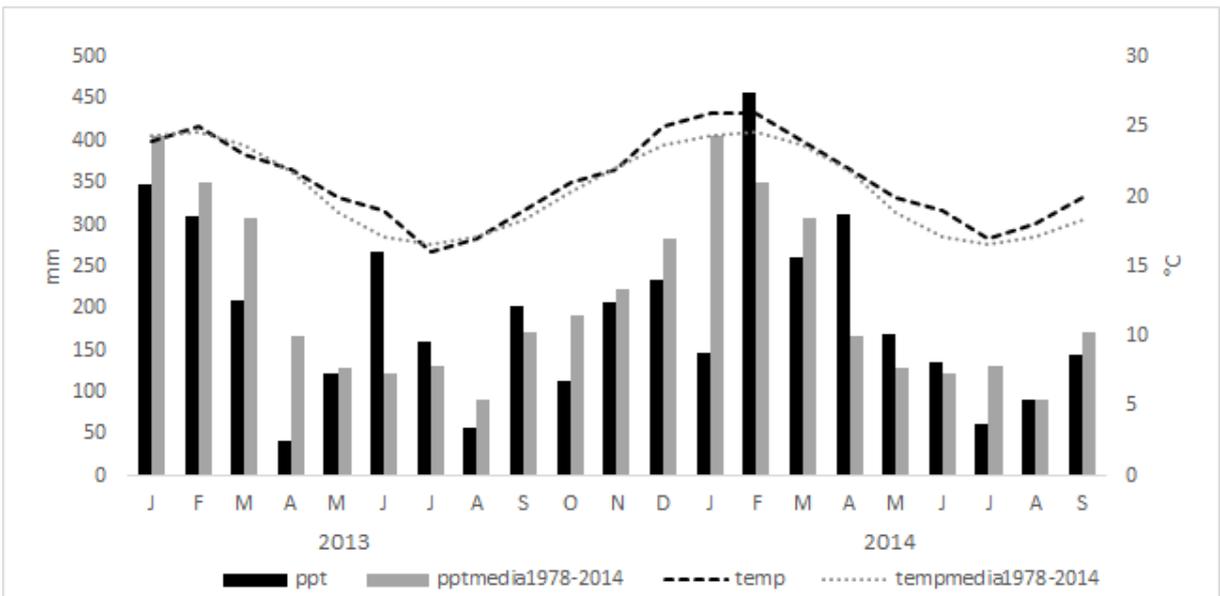


FIGURA 3. DADOS METEREOLÓGICOS DAS ESTAÇÕES AO LONGO DOS ANOS DE 2013 E 2014 E DADOS MÉDIOS DE 1978 A 1999, DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA, PR. FONTE: SIMEPAR (2013 a 2014) E IAPAR (2013).

2.3 GEOMORFOLOGIA

Existem dois domínios geológicos principais, no litoral do Paraná, sendo as rochas do embasamento ou escudo cristalino e a cobertura sedimentar cenozóica, versada como planície litorânea, ambas associadas a amplas unidades geomórficas da região (ÂNGULO, 1992).

As rochas, representadas pela Serra do Mar, possuem características distintas de outros estados, uma vez que não constituem apenas uma serra de borda de planalto ou de escarpa, mas também possuem setores originados por erosão diferencial. Nas áreas em que as rochas são mais resistentes ao intemperismo, as serras sobressaem algumas centenas de metros do nível geral do planalto interior, apresentando muitas vezes altitudes acima de 500m sobre o nível deste. Exemplos destes núcleos são as serras: Graciosa, Marumbi e Baitaca (MAACK, 2002).

A planície litorânea mede aproximadamente 90km de comprimento e 55 km de largura, sendo recortada por complexos estuarinos das baías de Paranaguá, Pinheiros e Guaratuba, resultando em numerosas ilhas, algumas de grande extensão, como as das Peças, do Mel, Rasa e da Cotinga (ANGULO, 1992).

Do ponto de vista pedológico, é importante ressaltar que o material de origem dos solos nas áreas de serras e morros da Reserva Natural Rio Cachoeira são provenientes de rochas gnáissico-migmatíticasfeldspáticas e dioritos que dão origem a solos autóctones. Nas áreas de sedimentos e colúvios estes materiais de origem se encontram, via de regra, mesclados, dando origem a solos alóctones, cuja composição pode vir a ser bem diversificada em relação às rochas que lhes deram origem. Nas áreas da planície aluvial e de mangue, o material de origem dos solos é constituído de sedimentos e depósitos marinhos (SPVS, 2005).

2.4 Solos

Os solos encontrados na Reserva Natural do Rio Cachoeirasão Neossolos, Cambissolos, Argissolos e Gleissolos (SPVS 2005), sendo que, nas parcelas escolhidas para o estudo, o solo foi classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (EMBRAPA, 2005).

Os cambissolos são solos caracterizados como solos minerais pouco desenvolvidos, não hidromórficos, os quais se situam em ambientes de encostas e sua posição na paisagem, relevo e material de origem determinam o grau de desenvolvimento e a profundidade do solo (RACHWAL; CURCIO, 1994).

Possuem o horizonte B incipiente (Bi) imediatamente abaixo do horizonte A ou horizonte hístico com espessura inferior a 40 cm, podendo estar associados aos Latossolos, Argissolos e Neossolos Litólicos (EMBRAPA, 1997). Os atributos químicos e físicos do solo das áreas de estudo estão descritos na Tabela 1.

TABELA 1. ATRIBUTOS PEDOLÓGICOS NAS ÁREAS DE ESTUDO DA RESERVA NATURAL DO RIO CACHOEIRA/PR, DE 0 A 40 cm DE PROFUNDIDADE.

Prof. Cm cm	Dens. g cm ³	N total %	P mg.dm ³	pH CaCl ₂	H +Al	Ca	Mg -----cmol _c .dm ³ -----	K	SB	V %	C/N	C g.kg	Areia	Silte	Argila
INICIAL															
0 a 5	0,72 ± 0,08	0,29 ± 0,05	6,13 ± 0,4	4,07 ± 0,23	9,3 ± 1,40	1,23 ± 0,9	0,70 ± 0,6	0,22 ± 0,06	2,16 ± 1,51	18,3 ± 12,4	13 ± 0,70	45,3	39,6	18,8	41,7
5 a 10	0,92 ± 0,01	0,22 ± 0,03	4,30 ± 1,43	4,10 ± 0,10	9,0 ± 0,7	0,70 ± 0,4	0,47 ± 0,3	0,12 ± 0,05	1,28 ± 0,79	12,3 ± 7,4	12,3 ± 0,70	28,9	41,2	13,8	45
10 a 20	1,09 ± 0,16	0,14 ± 0,04	2,23 ± 0,23	4,17 ± 0,06	7,8 ± 0,0	0,43 ± 0,20	0,30 ± 0,3	0,06 ± 0,01	0,80 ± 0,40	9,3 ± 4,0	11,9 ± 0,60	17,8	38,2	15,2	46,7
20 a 40	1,12 ± 0,14	0,09 ± 0,04	1,60 ± 0,61	4,17 ± 0,12	6,5 ± 0,6	0,43 ± 0,2	0,30 ± 0,2	0,04 ± 0,01	0,77 ± 0,30	10,7 ± 4,0	11,6 ± 0,5	11,2	40,4	12,1	47,5
MÉDIO															
0 a 5	0,70 ± 0,08	0,30 ± 0,02	10,3 ± 6,85	3,77 ± 0,23	13,9 ± 4,5	0,47 ± 0,3	0,40 ± 0,30	0,17 ± 0,03	1,03 ± 0,62	6,7 ± 4,0	13,7 ± 1,30	50,4	37,9	17,9	44,1
5 a 10	0,91 ± 0,09	0,22 ± 0,02	5,20 ± 3,04	3,80 ± 0,26	11,4 ± 4,2	0,30 ± 0,1	0,23 ± 0,10	0,11 ± 0,05	0,64 ± 0,25	5,7 ± 2,1	12,9 ± 0,70	27,2	37,2	12,8	50
10 a 20	1,00 ± 0,07	0,13 ± 0,01	1,87 ± 0,59	3,90 ± 0,17	10,1 ± 0,5	0,20 ± 0,1	0,10 ± 0,00	0,07 ± 0,03	0,37 ± 0,09	3,7 ± 1,2	12,4 ± 0,30	18,2	34,9	19,5	46,7
20 a 40	1,02 ± 0,15	0,08 ± 0,01	1,23 ± 0,55	4,03 ± 0,21	9,4 ± 2,4	0,23 ± 0,1	0,13 ± 0,10	0,04 ± 0,02	0,41 ± 0,10	4,7 ± 1,5	11,5 ± 0,50	11,5	35,3	11,4	53,3
AVANÇADO															
0 a 5	0,72 ± 0,08	0,28 ± 0,03	8,30 ± 0,69	3,73 ± 0,21	12,9 ± 2,1	0,60 ± 0,3	0,33 ± 0,20	0,18 ± 0,03	1,11 ± 0,58	8,3 ± 4,4	12,7 ± 0,70	51,9	38	14,5	47,5
5 a 10	0,79 ± 0,16	0,23 ± 0,02	4,90 ± 0,50	3,80 ± 0,10	11,9 ± 1,0	0,43 ± 0,3	0,23 ± 0,10	0,12 ± 0,01	0,79 ± 0,35	6,3 ± 3,1	12,1 ± 0,70	35,2	33,5	19,9	46,7
10 a 20	0,83 ± 0,27	0,15 ± 0,01	3,63 ± 0,74	3,90 ± 0,10	10,0 ± 0,9	0,37 ± 0,2	0,17 ± 0,10	0,08 ± 0,02	0,61 ± 0,22	5,7 ± 2,3	11,5 ± 0,90	26,2	34	20,1	45,8
20 a 40	0,95 ± 0,17	0,09 ± 0,01	2,27 ± 0,68	3,97 ± 0,06	8,4 ± 0,6	0,27 ± 0,2	0,17 ± 0,10	0,05 ± 0,02	0,48 ± 0,23	5,3 ± 2,1	11,3 ± 0,60	18,7	32,8	18,9	48,3

FONTE: ADAPTADO DE BALBINOT (2009). Obs. OS VALORES A DIREITA, EM CADA COLUMNA, SÃO REFERENTES AOS DESVIOS PADRÕES ENCONTRADOS.

De modo geral o solo apresenta pH muito baixo em todas as profundidades; valores de Ca e Mg trocáveis baixos; K muito baixo; e valores de P Mehlich de 0 a 5 cm é médio, de 5 a 10 cm é baixo, e muito baixo de 10 a 40 cm. Os teores de carbono encontram-se muito altos, a saturação por bases (V%) encontra-se baixa em todas as profundidades representando baixa fertilidade (<50%) e os teores de alumínio encontram-se altos. Essas interpretações seguiram classificação estabelecida pela SCBS (2004).

2.5. Vegetação

Há dois ambientes na reserva em estudo: o primeiro é o ambiente de encosta, no qual se encontra a Floresta Ombrófila Densa Submontana, assim como a vegetação secundária em diferentes estádios sucessionais, estando sobre os Cambissolos, Argissolos e Neossolos Litólicos. Conforme SPVS (2005).

O segundo ambiente é o de Planície, onde se encontram as Formações Pioneiras de Influência Fluvio-marinha (Neossolo Flúvico Sódico), Formações Pioneiras de Influência Fluvial (Neossolo Flúvico Sódico, Gleissolo Háptico, Gleissolo Melânico e Cambissolo Háptico), Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Neossolo Flúvico Sódico), Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (Cambissolo Háptico, Gleissolo Háptico e Gleissolo Melânico), além das formações secundárias associadas (VELOSO *et al.*, 1991; IBGE, 1992).

As áreas deste estudo compõem a Floresta Ombrófila Densa Submontana e estão sobre os Cambissolos. Foram selecionadas áreas de floresta que possuem diferentes idades após o distúrbio, sendo os sítios, descritos abaixo, conforme o trabalho de Balbinot (2009).

No total são 9 sítios representando 3 diferentes estágios sucessionais, onde a parcela de estudo possui 1000 m², e dentro de cada parcela foram alocadas 10 subunidades amostrais de 10 m x 10 m. Desta forma, estudou-se 9000 m² sobre cambissolos, três idades e três repetições.

- FASE INICIAL (INI): de 20 a 25 anos, são áreas de pastagem abandonadas com a característica de ausência de espécies gramíneas das pastagens, suprimidas pelo sombreamento. Há uma maior diversidade de espécies arbóreas, principalmente pioneiras e algumas secundárias iniciais (Figura 4). (adaptado de Balbinot, 2009).



FIGURA 4. ASPECTO DAS ÁREAS DE REGENERAÇÃO INICIAL (INI) NO ECOSISTEMA DE FODS, NO MUNICÍPIO DE ANTONINA-PR.
FONTE: BALBINOT, 2009.

- FASE MÉDIA (MED): de 45 a 60 anos: são áreas de floresta secundária com mais de 35 anos após uso como pastagem, que já apresentam grande diversidade de espécies arbóreas (Figura 5). (adaptado de Balbinot, 2009).



FIGURA 5 ASPECTOS DAS ÁREAS EM ESTÁDIO MÉDIO DE REGENERAÇÃO (MED) NO ECOSISTEMA DE FODS, NO MUNICÍPIO DE ANTONINA-PR.
FONTE: BALBINOT (2009).

A principal característica dos estágios INI e MED é ter ocorrido mudanças no uso da terra, ou seja, a vegetação original foi completamente removida para implantação das pastagens.

Contrariando os estágios anteriores, o estágio AVANÇADO (AVA) sofreu pouca alteração, onde a característica principal é nunca ter sido convertida em outro uso, a não ser corte seletivo de espécies de alto valor, até a década de 80. (Figura 6). (adaptado de Balbinot, 2009).



FIGURA 6. ASPECTO DAS ÁREAS DE FLORESTA AVANÇADA (AVA) NO ECOSISTEMA DE FODS, NO MUNICÍPIO DE ANTONINA-PR.
FONTE: BALBINOT 2009.

2.6 Florística

Segundo Martins (2009), as famílias mais encontradas nas parcelas em estudos são: Myrtaceae (27), Lauraceae (16), Fabaceae (13), Rubiaceae (9) e Melastomataceae (6), sendo que a dispersão das sementes predominante é do tipo zoocoria (86,1 %), seguida da anemocoria (8,6%) e por fim autocoria (5,3%). Os indivíduos não tolerantes à sombra somaram 41,5 %, sendo quatro indivíduos amostrados exóticos.

As espécies que se destacam no estágio sucessional AVA estão representadas pelas seguintes espécies: *Ocotea catharinesis*, *Virola bicuhyba*, *Trichilia* spp., *Tabebuia heptaphylla* e *Astrocaryum aculeatissimum*, além de várias Myrtaceae, Bignoniaceae e Arecaceae. A maioria das espécies deste grupo é tolerante à sombra e zoocórica. Árvores típicas do sub-bosque são: *Psychotrianuda* e *Psychotria suterella*. As espécies de maior valor de importância são: *Euterpe edulis* (7,02%), *Ocotea catharinesis* (6,03%), *Sloanea guianensis*, (Aubl.) Benth. (5,04%) e *Rudgea jasminoides* (Cham.) Müll. Arg. (4,87%).

No estágio MED, espécies de árvore típicas são *Hieronima alchorneoides*, *Alchornea triplinervea*, *Cupania oblongifolia*, *Bathysa australis*, *Marlierea sylvatica* e *Sloanea guianensis*. E no sub-bosque também as espécies *Psychotrianuda* e *Psychotria suterella*. As espécies de maior IVI são: *Tibouchina pulcra* (Cham.) Cogn. (22,81%), *Myrsine hermogenesii* (19,69%), *Bathysa australis* (13,74%), *Psychotrianuda* (10,84%).

As espécies: *Myrsinecoriacea*, *Casearia sylvestris*, *Tibouchina pulcra*, *Tibouchina tricophoda*, *Vochysia bifalcata*, *Senna multijulga*, *Andira anthelmia*, *Psidium cattleianum*, *Piptadenia gonoacantha*, são representantes do estágio INI. As de maior valor de importância são: *Tibouchina pulcra* (22,81%), *Myrsine hermogenesii* (19,69%), *Casearia sylvestris* (15,08%) e *Casearia decandra* (4,49%).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGULO, R.J. **Mapa do Cenozóico do litoral do estado do Paraná.** Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, n. 55, p. 25-42, 2004.
- BALBINOT, R. CARBONO, NITROGÊNIO E RAZÕES ISOTÓPICAS $\delta^{13}\text{C}$ E $\delta^{15}\text{N}$ NO SOLO E VEGETAÇÃO DE ESTÁGIOS SUCESSIONAIS DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- BIANCHIN, J.E. Aporte de fitomassa e nutrientes em florestas secundárias da Mata Atlântica no litoral do Paraná. **Dissertação** (Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 20139.
- CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADT, S.S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.1, p.53-68, 2008.
- CAMARGO, F.A. *et al.* Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p.575-579, 1997.
- CORRÊA, D. R. **Horizontes orgânicos sob Floresta Ombrófila Densa no Litoral Paranaense.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007. 90 f.
- CUNHA, G.C.; GRENDENE, L.A.; DURLO, M.A.; BRESSAN, D.A. Nutrient cycling in a seasonal deciduous forest with special respect to the mineral content produced by the litter fall. **Revista Ciência Florestal**, v.3, n.1, p.36-64, 1993.
- DELLITI, W.B.C. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis**, v.1, p. 469-486, 1995.
- DICKOW, K. M. C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. 215 f.
- EDWARDS, P. J. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. II. The production and disappearance of litter. **Journal of Ecology**, v.65, p.971 -992, 1977.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo 1997. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2ª Edição, 2005.
- FAO (Food and Agriculture Organization). **Workshop on tropical secondary forest management in Africa: reality and perspectives.** FAO, Rome, 2003.
- HOFER, H.; BIHNB, J.; BORGES, C.; BRITEZ, R.M.; BRAND, R.; FABRYA, R.; JETZKOWITZ, J.; KAHLE, H.P.; MARQUES, R.; TTERMANN, R.; PAULSCHA, D.; RÖMBKE, J.; ROB-NICKOLL, B.; VERHAAGHA, B. In BioVeritas – Valuating nature in the southern Mata Atlântica of Brazil. **Environmental Sciences** v. 9 p. 64 – 71
- IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira: série manuais técnicos em geociências. Rio de Janeiro, n.1, 1992. 92p.
- IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil: primeira aproximação.** Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAN, F., BAROIS, I.; SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, v.25, p,130–150, 1993.

LEITE, F.P.As diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil: proposta de classificação. 160 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 3ª. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. 440p.

MARTINS, K.G. Dinâmica temporal da vegetação e da decomposição da serapilheira em sucessão secundária da Floresta atlântica do sul do Brasil. **Tese de Doutorado**,(Engenharia Florestal) UFPR, 2009.

MESQUITA; DELAMÔNICA; LAURANCE, R.; DELAMÔNICA, P.; LAURENCE, W. F. Effects of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian Forest fragments. **Biological Conservation**, v.91, p.129-134, 1999.

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

MEYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G. A. B., KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p.853-858, 2000.

NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, W.F.; CONDIT, R.; LAURANCE, S.G.; D'ANGELO, S.; ANDRADE, A.C. Demographic and life-history correlates for Amazonian trees. **Journal of Vegetation Science**, v.16, p.625-634, 2005.

ODUM, E. P. 1988. **Ecologia**.Rio de Janeiro, Guanabara. 434p.

OGAWA, H. Litter production and carbon cycling in Pasoh Forest.**Malayan Nature Journal**, v.30, p.367-373, 1978.

PROTIL, C. Contribuição de quatro espécies arbóreas ao ciclo biogeoquímico em Floresta Atlântica na planície litorânea do Paraná. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 127 f.

RACHWAL, M.F.G.; CURCIO, G.R. **Principais tipos de solos do Estado do Paraná, suas características e distribuição na paisagem**. In: A vegetação natural do estado do Paraná. IPARDES, 1994. 5p.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How is left, and how is the remaining forest disturbed? Implications for conservation.**Biological Conservation**, v.142, p.1141- 1153, 2009.

RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G.G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, v.24, p.75-92, 2002.

SANTOS, E., MARQUES, R. NatureConservance). Projeto de Restauração da Floresta Atlântica. Curitiba,. In press Carbono e nitrogênio em Gleissolo e ambissolosob diferentes tipologias vegetais na área de ocorrência da Floresta ombrófila densa, Antonina, PR. **Revista Floresta**, 2007.

SEMA– SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Mapeamento da Floresta Atlântica do Estado do Paraná**: cartilha de Apoio à Interpretação das Cartas de Vegetação. Curitiba, 2002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 400p, 2004.

SPVS/TNC (Sociedade de Pesquisa em 2000. 17p) **Vida Selvagem e Educação Ambiental**.

SWIFT, M.J.; RUSSEL-SMITH, A.; PERFECT, T.J. Decomposition and mineral nutrient dynamics of plant litter in a regenerating bush-fallow in sub-humid tropical Nigeria. **Journal of Ecology**, v.69, p.981-985, 1981.

SPVS - **Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem**. Plano de manejo da Reserva Natural do Rio Cachoeira. Volume 1, Encartes I, II e III. 310 p. 2005

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W.; PERES, C.A. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. **Biological Conservation**, v. 91, p.119-127, 1999.

VELOSO H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123p.

WALKER, B.H. Biodiversity and Ecological Redundancy. **Conservation Biology**, v.6, p.18-33, 1992.

CAPÍTULO I - FITOMASSA E NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA ACUMULADA DE FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DA FLORESTA ATLÂNTICA NO PARANÁ

1. INTRODUÇÃO

No leste do estado do Paraná encontra-se um remanescente da Floresta Atlântica, a Floresta Ombrófila Densa (Roderjan *et al.*, 2002), a qual apresenta grande diversidade e produtividade de biomassa, sendo estimadas mais de 700 espécies arbóreas, a maioria exclusiva dessa unidade vegetacional (LEITE, 1994).

Esta floresta está situada sobre solos considerados quimicamente pobres, sendo de importante o papel da vegetação, para a manutenção da fertilidade deste sistema, uma vez que os nutrientes encontram-se na biomassa das plantas (TOWNSEND, BEGON e HARPER, 2006).

A transferência dos nutrientes planta-solo é conhecida como ciclo biogeoquímico, o qual envolve algumas etapas como a absorção, translocação, imobilização e restituição dos nutrientes por parte da vegetação que constitui o ecossistema (BERTALOT *et al.*, 2004).

A grande contribuição do ciclo biogeoquímico acontece através da deposição e do acúmulo da serapilheira (Schumacher *et al.*, 2004; Poggiani e Schumacher, 2000) e da lavagem da vegetação, e desta serapilheira acumulada sobre o solo, pelas águas das chuvas, que conduzem as substâncias minerais e orgânicas da biomassa morta para o solo florestal (GONZALEZ e GALHARDO, 1982). Acredita-se, mesmo, que parte dos minerais liberados nestes processos de lavagem e decomposição da serapilheira, sejam imediatamente absorvidos pelas árvores (BRITZ, 1994), principalmente em florestas sobre solos com baixa disponibilidade de nutrientes em sua fase mineral.

A quantidade de nutrientes que é encontrada na Floresta, tem relação direta com fatores relacionados à própria floresta, como sua idade, com a espécie florestal plantada, sua habilidade em absorção dos nutrientes, a utilização e translocação dos mesmos antes da senescência das folhas, além das proporções de folhas em relação às demais frações. (KOEHLER, 1989; NEVES *et al.*, 2001).

A avaliação da serapilheira acumulada sobre o solo pode trazer importantes informações quanto aos processos de decomposição da serapilheira e mesmo da atividade biológica no solo florestal. A quantidade de serapilheira que permanece sobre o solo florestal é resultado das entradas e saídas de material orgânico, ou seja, de quanto permanece no solo, daquilo que foi depositado como serapilheira. E estes fluxos de entrada e saída são influenciados por diversos fatores.

Buscando identificar quais e como atuam estes fatores, diversos trabalhos foram conduzidos na Floresta Atlântica do litoral do Paraná (PINTO & MARQUES, 2008; PROTIL, 2006, ROCHA, 2006; DICKOW, *et al.*, 2009a; DICKOW, *et al.*, 2009b; GIESSELMANN *et al.*, 2011, BIANCHIN, 2013; WOICIECHOWSKI, 2015), principalmente no que se refere aos fluxos de deposição de serapilheira, à contribuição de diferentes espécies arbóreas nesses fluxos e à dinâmica decomposição da serapilheira.

Mas a Floresta Atlântica na costa leste do Paraná é um mosaico de situações florestais bem diversificada, com florestas em diferentes fases sucessionais, o que demanda um grande número de estudos que possam cobrir as diferentes situações vegetacionais existentes no campo. E o presente trabalho se concentra em alguns aspectos dos processos biogeoquímicos, sendo pesquisa inserida neste projeto maior denominado Projeto Solobioma.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da idade da floresta e da época do ano no acúmulo de fitomassa e na concentração e estoque de nutrientes na serapilheira total e em suas frações, em Floresta Ombrófila Densa, no Sul do Brasil.

1.1.1. Objetivos Específicos

- Estimar quantidade de fitomassa e determinar os teores de nutrientes nas frações da serapilheira acumulada;
- Avaliar os estoques de carbono e nutrientes presentes nesta serapilheira;
- Comparar a acumulação de fitomassa e os estoques de carbono e nutrientes entre os diferentes sítios florestais e entre as estações do ano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização da área, com dados de solo, vegetação e clima estão descritos no MATERIAL E MÉTODOS GERAL desta tese.

2.1 Avaliação da serapilheira acumulada

O material vegetal acumulado sobre o solo foi coletado com auxílio de um gabarito de 45 cm X 45 cm, sendo alocados aleatoriamente 5 pontos de coleta em cada sítio (Figura 7), sendo o material colocado em sacos plásticos e levado para triagem e secagem em laboratório. As coletas foram realizadas nas seguintes datas 22/02/13 (verão/2013), 16/08/13 (inverno/2013), 21/02/14 (verão/2014), 15/8/14 (inverno/2014),

No Laboratório de Biogeoquímica (LAB) da UFPR, as amostras foram levadas para a casa de vegetação onde se realizou a triagem do material, nas seguintes frações:

FR – Folhas recém-depositadas (folhas inteiras sem sinal de decomposição);

FD – Folhas em algum estágio de decomposição;

M – Miscelânea, todo material não identificável que passou na peneirade 9 mm;

G – Galhos (galhos com diâmetro inferior a 2 cm)

R – Raízes.

FFS- Flores, frutos, sementes.



FIGURA 7 . COLETA E FRACIONAMENTO DA SERAPILHEIRA DA FLORESTA OMBROFILA Densa EMANTONINA-PR.
FONTE: O AUTOR.

Durante a triagem, as frações foram colocadas em sacos de papel, identificando-se o sítio, a fração, a repetição e a estação do ano. Na seqüência, as mesmas foram levadas à estufa de circulação forçada a 60 °C, onde permaneceram até atingirem peso constante. As amostras foram então pesadas para determinar a fitomassa total de cada fração. Posteriormente, as amostras (com exceção das raízes e FFS, devido a sua pequena quantidade) foram moídas para realização das análises de composição química.

Nas frações da serapilheira acumulada determinaram-se os teores de: carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), Alumínio (Al), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), boro (B) e zinco (Zn).

Para a determinação dos teores de C e N e relação C/N foram pesados entre 15 e 20 mg do material finamente moído em moinho de bola FRITSCH e incinerado em analisador Elemental de CHNOS Vario EL III. Para a determinação dos teores de macro e micro nutrientes, além do Al, utilizou-se a metodologia da digestão seca, descrita por Martins e Reissmann (2007). Nesta metodologia, são pesados 1,0 g de cada amostra de serapilheira em cadinhos de porcelana e posteriormente colocados para a queima em mufla a 500 °C por aproximadamente 3 horas e requeimados por igual período, após a adição de 3 gotas de HCl 3 mol.L⁻¹. Logo após o resfriamento das amostras, são acrescentados 10 mL de HCl em cada cadinho, o qual é posteriormente colocado em chapa de aquecimento, para desgrudar todo o material aderente no fundo do cadinho. Em seguida, o material diluído é filtrado para balão volumétrico de 100 mL, sendo completado o volume do balão com água deionizada. Após a filtragem, as amostras foram identificadas e armazenadas em potes plásticos.

As determinações dos macros e micronutrientes, e alumínio foram realizados por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido em espectrômetro Varian 720 ES IIC "Optical Emissão Spectrometer".

2.3 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software Statgraphics®. Inicialmente os dados foram submetidos ao teste de homogeneidade das variâncias dos tratamentos utilizando o teste de Levene. Posteriormente, verificada a normalidade, os dados foram submetidos à ANOVA e, em seguida, as médias foram comparadas entre si pelo teste de LSD, com probabilidade de 95%.

Para verificar como a serapilheira total acumulada se distribui ao longo de uma cronossequência de floresta e em diferentes estações do ano, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) fatorial, sendo o primeiro fator formado por estágiosucessional com 3 níveis (INI, MED, AVA) e o segundo fator sendo as estações do ano, com 4 níveis (dois verões e dois invernos).

Para avaliar a composição química da serapilheira aportada pelas espécies e a fitomassa de cada fração foi realizada uma ANOVA fatorial, onde as variáveis dependentes foram os teores e estoques dos elementos e as variáveis independentes os sítios florestais, as frações da serapilheira e as épocas do ano. As diferenças das médias foram asseguradas pelo teste comparativo de LSD – Fischer, a 5 % de probabilidade. As frações FFS e raiz foram desconsideradas por não ocorrerem em todas as amostragens.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fitomassa total da serapilheira acumulada

A fitomassa total não apresentou significância para os estágios sucessionais, assim como para as estações estudadas (apêndice), porém pode-se observar uma tendência do estágio INI depositar menos em relação aos estágios AVA e MED, os quais apresentaram o mesmo comportamento (Figura 8).

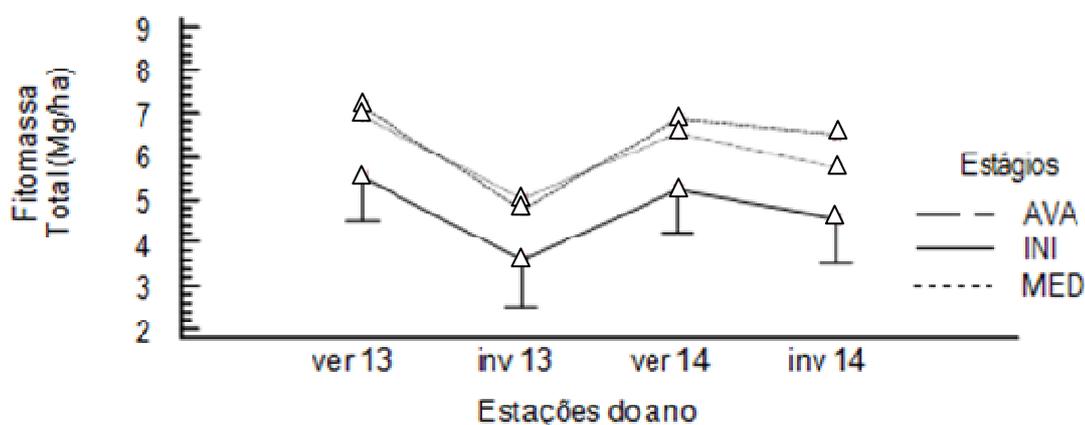


FIGURA 8. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE A FITOMASSA ACUMULADA. AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE TUKEY OU LSD A 5%. FONTE: O AUTOR.

Quanto às estações do ano observa-se uma tendência dos verões apresentarem uma maior acumulação de serapilheira em relação a aos invernos. Em estudos na Floresta Ombrofila Densa Submontana, Dickow (2010) trabalhando com estágios sucessionais distintos, também verificou que a maior deposição ocorreu nas estações mais quentes e foi o estágio inicial quem menos acumulou serapilheira. Woiciechowski (2015), em áreas próximas a este estudo, também encontrou os menores valores de serapilheira acumulada nos meses mais quentes. Assim como, os valores de fitomassa total do estágio menos desenvolvidos (5,6 Mg/ha/ano, em média) se equivaleram aos encontrados neste estudo 5,3 Mg/ha/ano.

3.2 Fitomassa por fração da serapilheira acumulada

Em geral, a sequência decrescente de acumulação, considerando-se as frações da serapilheira, foi a seguinte: FD > M > G > FR (figura 9). Não foi encontrado um padrão similar de acumulação das quatro frações ao longo dos dois anos de estudos, com exceção do estágio INI que apresentou comportamento semelhante para as frações FD e M, nas quais os maiores valores foram acumulados nos verões de 2013 e 2014, semelhante ao padrão observado para a serapilheira total.

O maior acúmulo de folhas em decomposição, também ficou evidente no trabalho desenvolvido por Woiciechowski (2015) e Dickow (2010) seguido da fração miscelânea ao longo dos anos de avaliação, exatamente na mesma sequência deste trabalho.

O comportamento da fração FD foi muito semelhante ao da serapilheira total revelando que o padrão de acúmulo da serapilheira total foi determinado por esta fração. Um acúmulo expressivo da fração M, material em estágio mais avançado de fragmentação, mas ainda longe de estar na forma húmica, sugere que a decomposição total da serapilheira nestes sítios podem demorar mais de um ano. Ensaios de decomposição em paralelo ao monitoramento da serapilheira acumulada ajudariam a interpretar melhor estes resultados. Já a fração G acumulou quantidades expressivas sobre o solo devido a sua estrutura lenhosa que favorece sua permanência por mais tempo no solo, devido à baixa decomposição deste tipo de material.

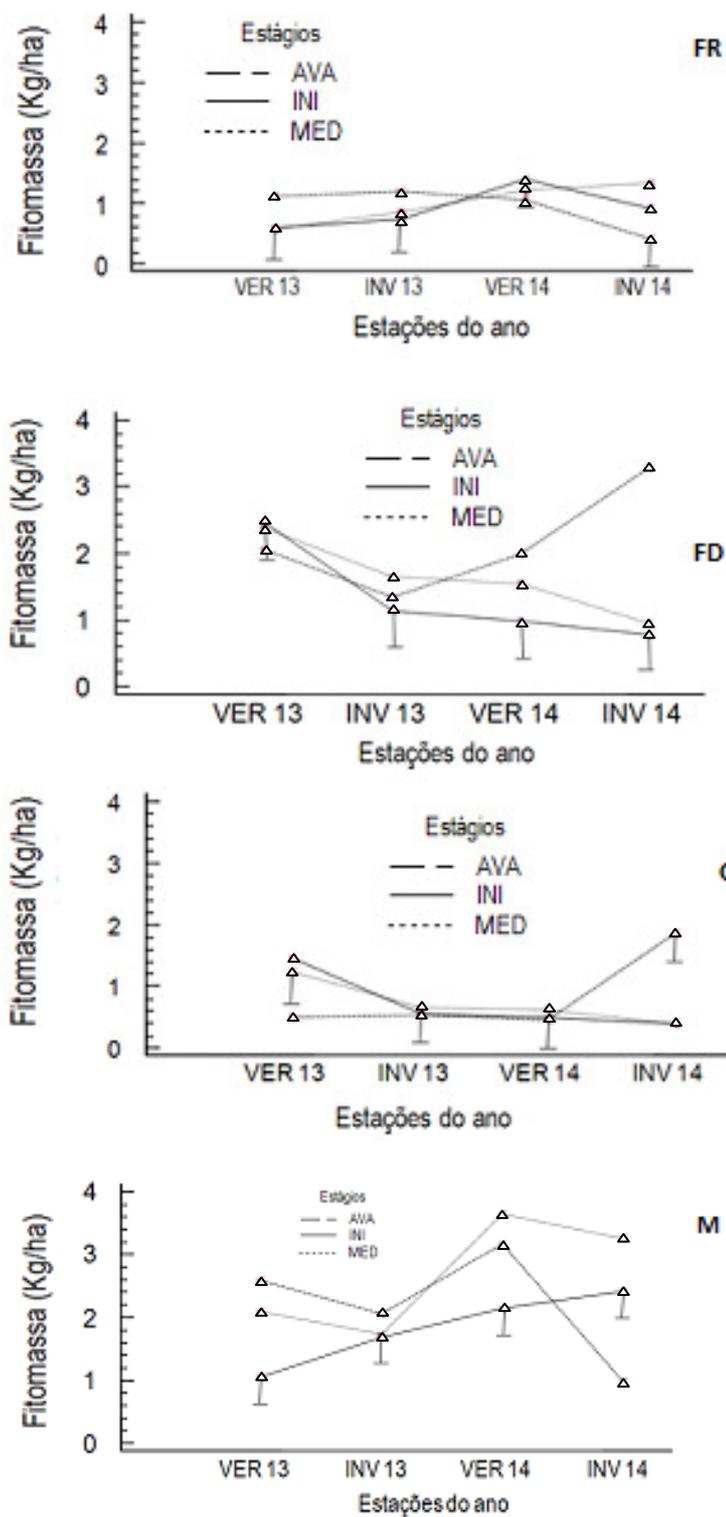


FIGURA 9. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE A FITOMASSA DAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%. FONTE: O AUTOR.

A semelhança nos resultados entre as fases MED e AVA pode estar relacionada à semelhança quanto à estrutura das florestas nestas fases; isto foi observado nos estudos de Liebschet *et al.* (2007), que revelam que estas florestas possuem características de área basal, volume e altura muito semelhantes e superiores às da fase INI. Dickow *et al.* (2009), que também estudaram a vegetação em florestas similares, justificam ainda estas diferenças pela eventual maior decomposição da serapilheira na fase INI, que em parte seria devida a uma maior incidência de luz nesta floresta de menor porte e menos densa. Os ensaios de decomposição discutidos no Capítulo II não mostram diferenças quanto à decomposição entre as 3 florestas, mas este estudo foi realizado cerca de 6-7 anos antes das avaliações de serapilheira acumulada e, neste período, mudanças podem ter ocorrido na estrutura das florestas. Mas os ensaios de mineralização realizados com amostras de solo coletadas nas mesmas épocas de coleta de serapilheira acumulada indicam uma tendência de maiores valores de N mineralizado no solo do estágio INI, indicando uma maior atividade microbiana no solo deste sítio (Capítulo III, Figuras 35 e 36), que poderia ter relação com a menor acumulação de serapilheira nesta floresta jovem.

A quantidade de serapilheira acumulada varia muito durante o ano e isso se dá por variações entre os locais de amostragem, pela distribuição e heterogeneidade das espécies, pelas quantidades depositadas por cada espécie, por características do clima, do relevo ou até mesmo por uma amostragem insuficiente (SPAIN 1984, CUNHA *et al.*, 1993).

3.3 Bioelementos na serapilheira acumulada

3.3.1 Teores de carbono, relação C/N, sódio, macro e micronutrientes

A concentração de carbono nas frações estudadas são apresentadas na figura 10.

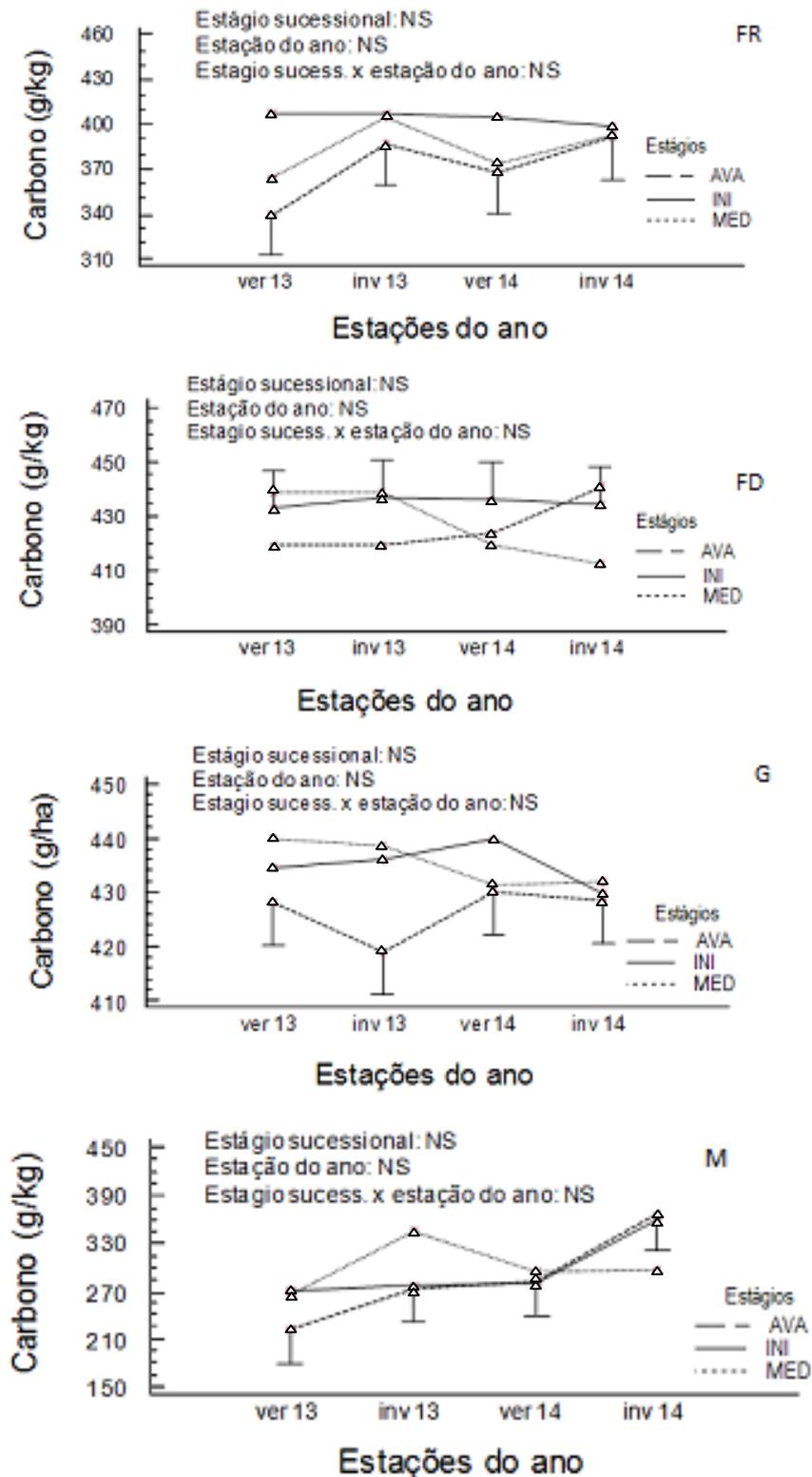
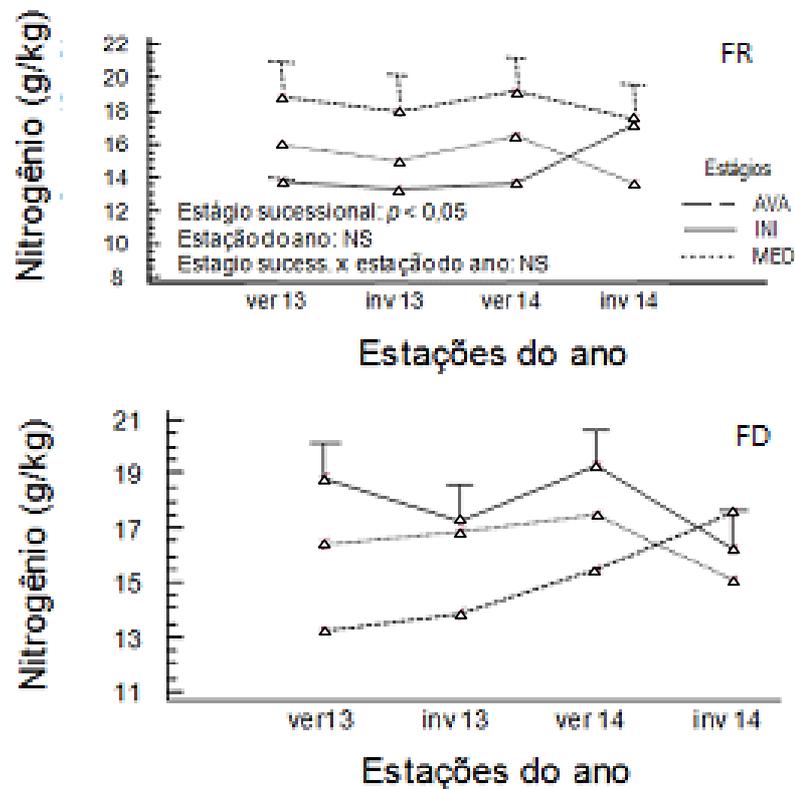


FIGURA 10. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE CARBONO DAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%. FONTE: O AUTOR

Os dados revelam que não houve efeito dos fatores idade (sucessão florestal) nem do fator estações do ano (verão 13, inverno 13, verão 14 e inverno 14). Verifica-se uma tendência de menores valores de carbono serem encontrados na fração miscelânea e os maiores valores na fração folhas recém caídas no estágio INI. Dickow (2010), verificou em estudos na Floresta Ombrofila Densa, que as concentrações de C nas frações pouco se alteraram, sendo isto, efeito da redução da relação C/N e conseqüentemente o aumento do N nas fases sucessionais. Já Blun, (2014) discute que os baixos valores de miscelânea se devem possivelmente a presença de solo nesta fração.

Na figura 11, estão representados os teores de nitrogênio, entre as frações por estágios e estações do ano observados. Verifica-se que apenas na fração FR houve efeito significativo ($p < 0,05$) para os estágios sucessionais, sendo o estágio AVA o que apresentou os maiores teores de nitrogênio. Com relação ao fator estação do ano, não foi observado nenhum efeito.



Continua figura.

Final da figura.

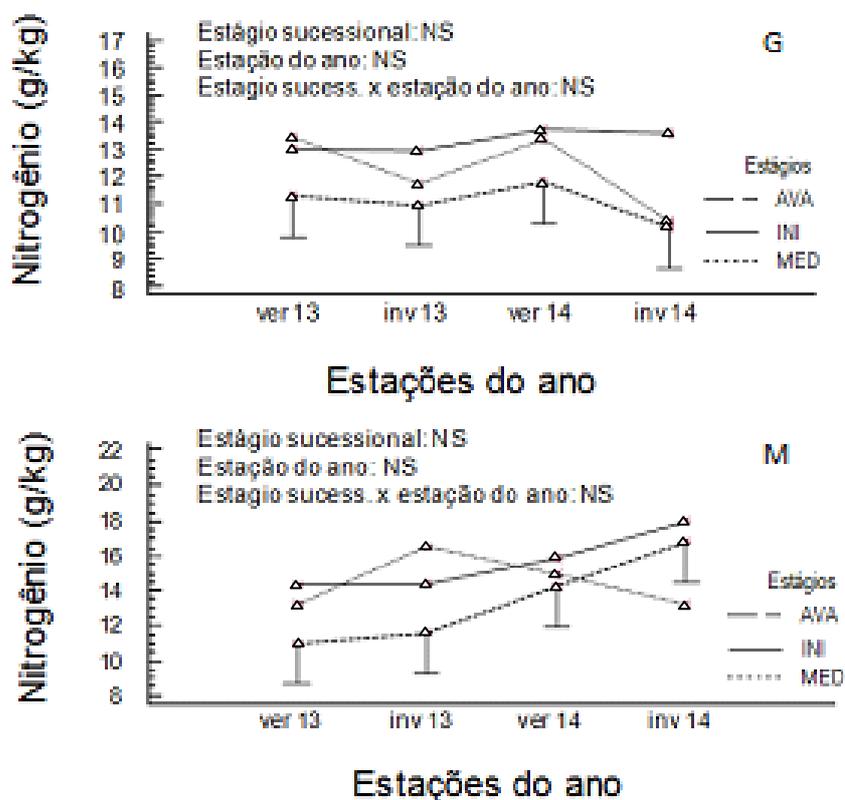


FIGURA 11. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE NITROGÊNIO DAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%. FONTE: O AUTOR.

Bianchin (2013) encontrou em trabalho desenvolvido na Floresta Ombrófila Densa, em Antonina – PR, os maiores teores de N na seguinte ordem decrescente: AVA>MED>INI com a justificativa de que, o teor de N nas folhas das espécies foram maiores na proporção em que a floresta avança em idade, neste trabalho sem diferença significativa os teores encontrados, a maior quantidade encontra-se no estágios: INI>MED>AVA.

Esta inversão na ordem dos estágios pode ser explicada pela composição florística do estágio inicial, o qual possui a espécie *Tibouchina pulcra*, que possui o maior valor de importância neste estágio, além de possuir maior rapidez na decomposição de suas folhas, em função da sua estrutura DICKOW, (2010). Uma outra possível explicação para esta sequência seria que mesmo desenvolvendo

menos que os demais estágios, estas espécies são mais conservativas em relação ao nitrogênio, uma vez que sabendo que o retorno deste nutriente seria mais lento, as espécies translocam esse nutriente da folha mais velha para as mais novas SBCS, (2006), reduzindo os teores na fração FR.

De forma geral espera-se que, a medida em que ocorra a sucessão haja um aumento na concentração de N nas frações folhas, isto segundo, Pinto e Marques (2003) está associado as características morfológicas das folhas, que no estágio inicial (menores teores encontrados), apresentam maior esclerofilia. Além disto, os autores relatam que nos estágios mais avançados o microclima torna-se mais umido e isso favorece a decomposição e o maior aproveitamento do nitrogênio pelas plantas. No entanto, neste trabalho a maior concentração do nitrogênio neste trabalho esta associada a composição florística do que a estrutura da floresta.

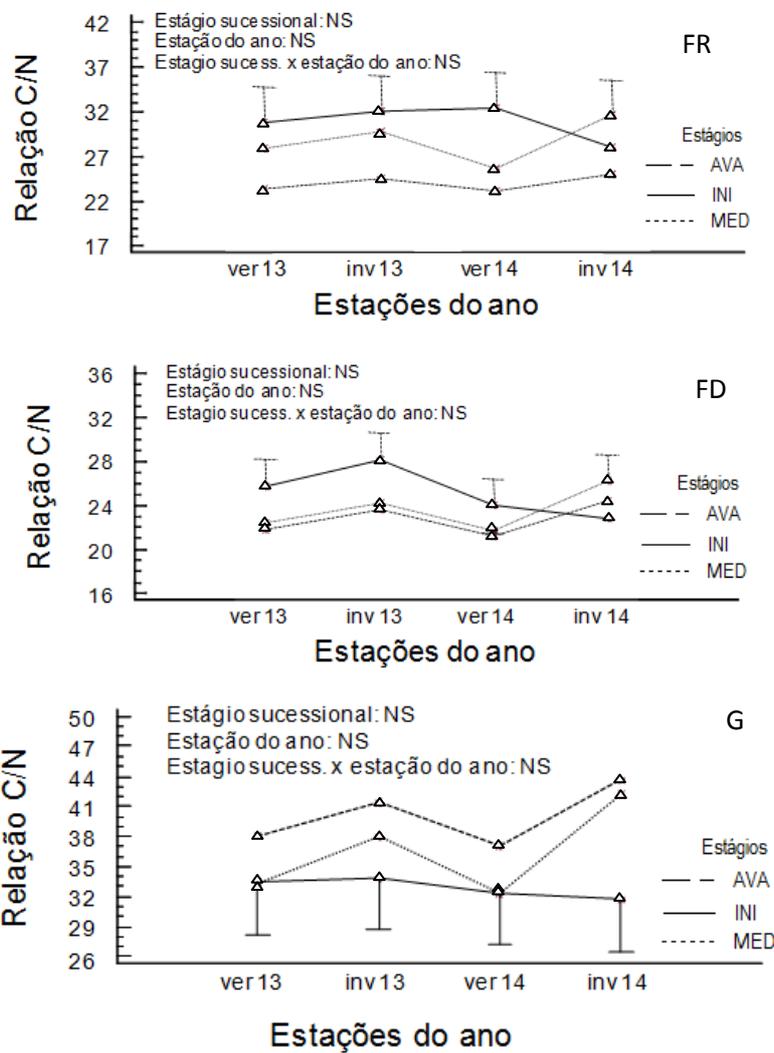
A maior concentração de N está na fração folhas e na estação chuvosa (verões), isto pode ser uma resposta ao acúmulo de material orgânico sobre o solo nos meses de menor precipitação, com sua posterior liberação e absorção pelas plantas nos meses mais quentes, devido a decomposição da serapilheira, favorecida pela presença da precipitação, NEVES, MARTINS E REISSMANN (2001). E BOEGER, WISNIEWSKI E REISSMANN (2005).

A relação C/N entre as frações, apresentou o mesmo comportamento para todas as frações com algumas exceções (figura 12). O grande diferencial são os teores encontrados na fração galhos, a qual, se manteve sempre superior, sendo maior na fase AVA, seguida da MED e da INI, diferindo do encontrado por Dickow (2010), onde os maiores teores estavam na fase inicial seguida da avançada e por fim da média.

Relações C/N interferem na mineralização e na imobilização do nitrogênio, ou seja, quando atinge valores superiores a 30, a imobilização supera a mineralização. Porém, para Derpsch *et al.* (1985), com uma relação C/N superior a 25 já é possível ocorrer imobilização líquida de N. Valor inferior ou igual a 20/1, passa a ocorrer a fase de mineralização (HEINRICHS *et al.* 2001). Neste trabalho esta relação 20/1 acontece em todos os estágios sucessioanis para a fração M, e fração FD, para todos os estágios sucessionais. Sendo mais alta que 25/1 nas frações, folhas

recemcaídas e nos galhos, o que segundo a literatura, diminuiria a mineralização da serapilheira.

A fração galhos possui em sua composição maiores concentrações de lignina, que tornam a serapilheira mais resistente à decomposição química promovida por fungos e bactérias, e o tanino torna a serapilheira pouco palatável para certos grupos da meso e macrofauna edáfica (Correia & Andrade, 1999).



Continua figura.

Final da figura.

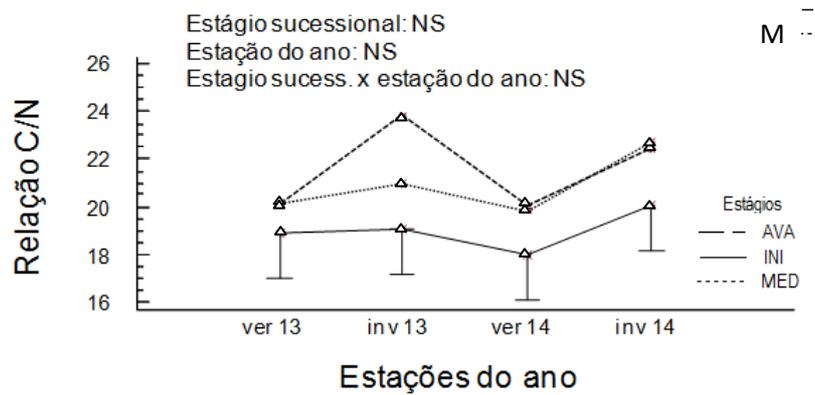


FIGURA 12. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE A RELAÇÃO C/N DAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.

FONTE: O AUTOR.

Os teores de fósforo (P), nas diferentes frações da serapilheira (Figura 13) mostraram muito poucas variações, seja em função das estações do ano ou dos estágios sucessionais. Apenas no estágio INI, se identifica uma tendência de maiores valores de P no verão de 2014, nas diferentes frações.

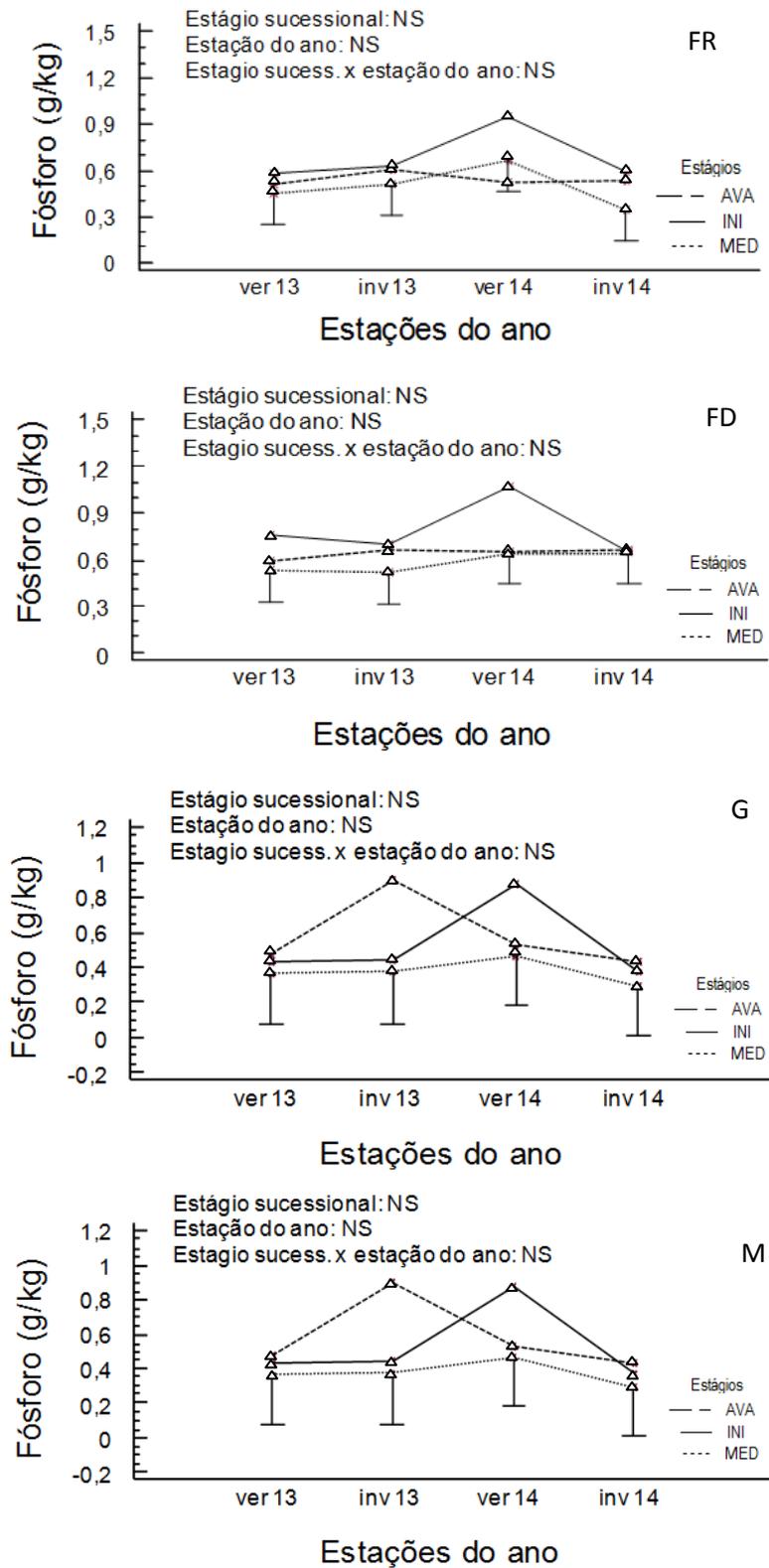
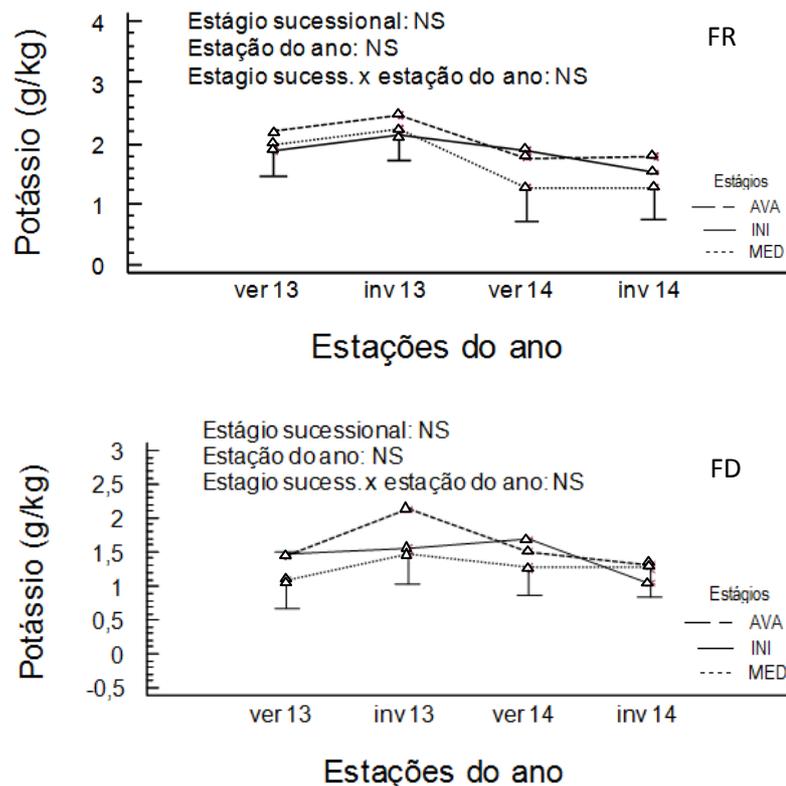


FIGURA 13. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE FÓSFORO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%. FONTE: O AUTOR.

Os teores de de potássio (K) também variaram pouco em função das estações do ano e dos estágios sucessionais (Figura 14). Observa-se, entretanto, que os valores de concentraçãotendem a mostrar a seguinte sequência decrescente em relação às frações:FR>FD>G>M. Isto se deve em parte às diferenças inerentes a cada tecido vegetal (valores mais baixos nos galhos são comuns) e também à grandemobilidade e solubilidade deste elemento, estando sujeito a lixiviação,o que explica valores mais baixos em tecidos em estado de decomposição mais avançado.Comportamento semelhante quanto aos teores de K em diferentes frações da serapilheira também foram observados por Dickow (2010) e Blum (2014).



Continua figura.

Final da figura.

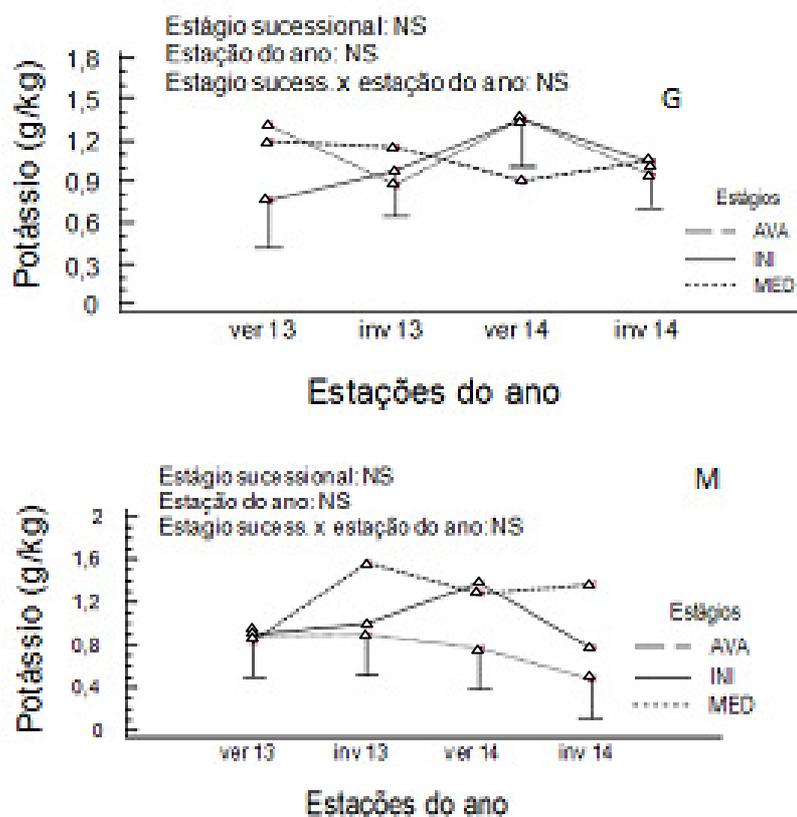


FIGURA 14. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE POTÁSSIO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%. FONTE: O AUTOR.

O cálcio (Ca) mostra uma tendência de maiores teores no estágio AVA, em comparação aos estágios MED e INI, nas diferentes frações da serapilheira (Figura 15). Não se identifica um efeito claro das estações do ano sobre os teores deste elemento nas diferentes frações da serapilheira. E a amplitude de valores fica entre 4 e 10 g/kg.

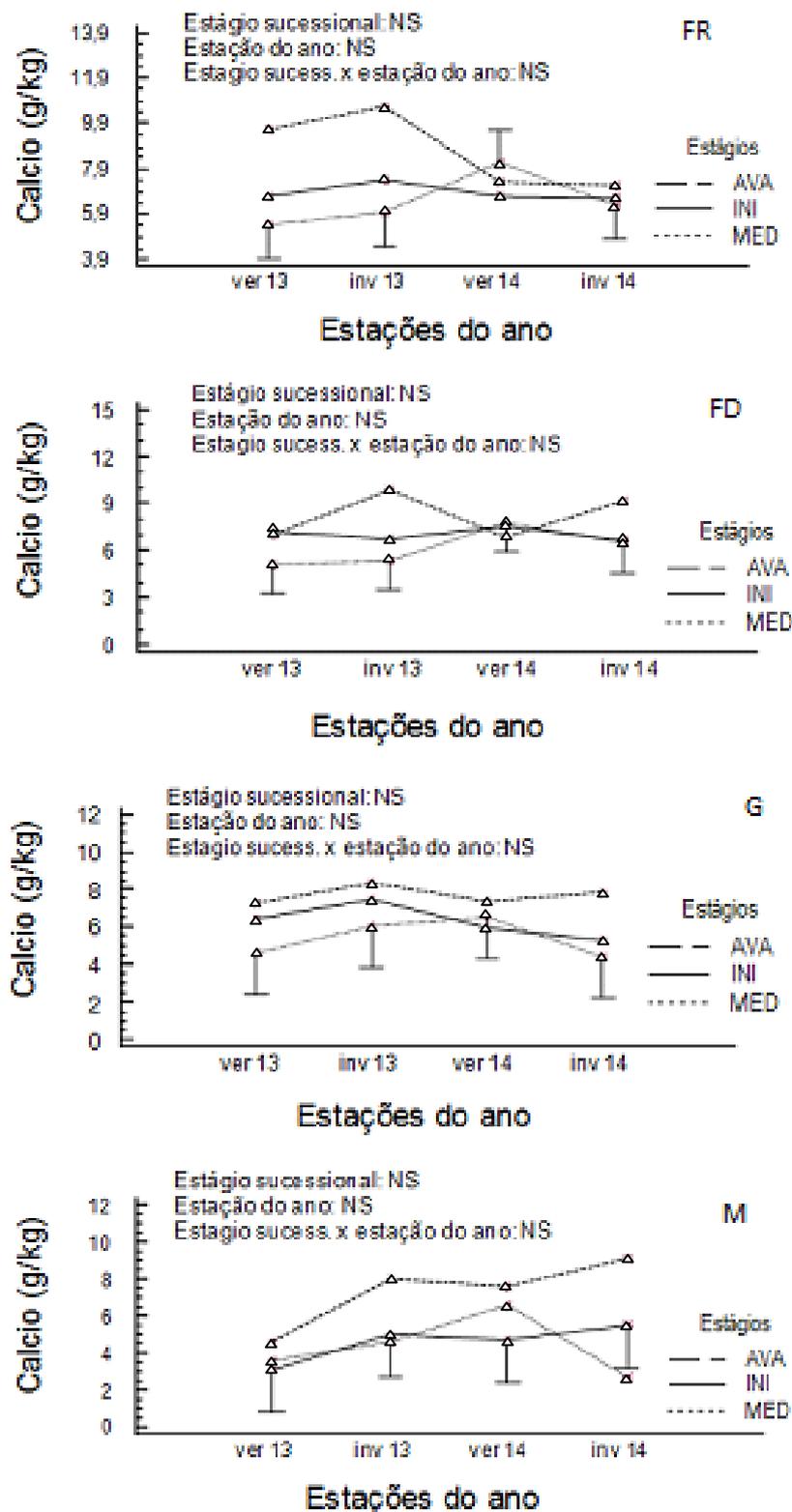
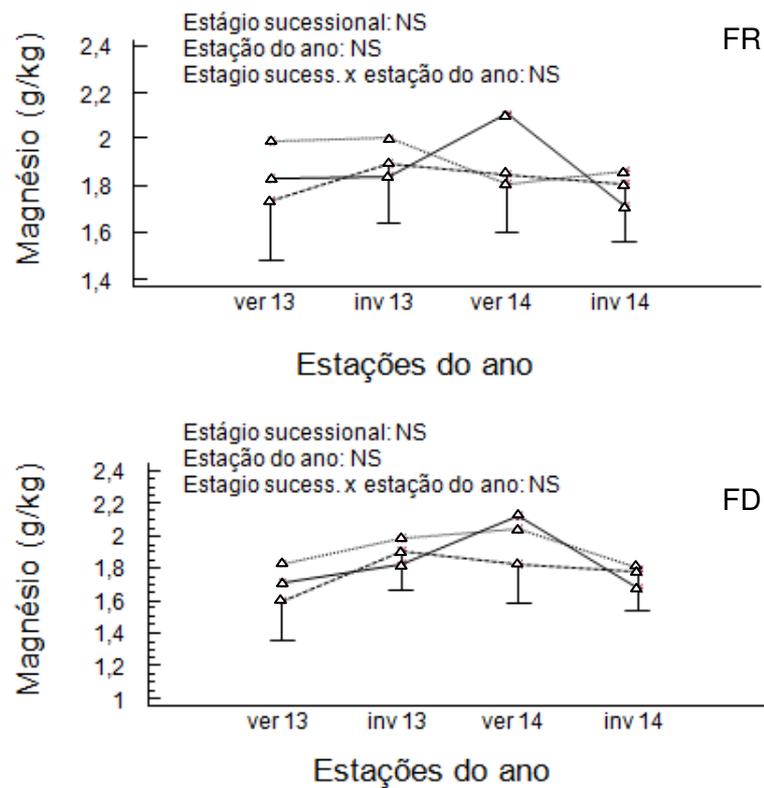


FIGURA 15. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE CÁLCIO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%. FONTE: O AUTOR.

Os teores de magnésio, semelhante ao que foi observado para P, nas diferentes frações da serapilheira (Figura 16) mostraram muito poucas variações em função das estações do ano ou dos estágios sucessionais. Apenas no estágio INI, se identifica uma tendência de maiores valores de Mg no verão de 2014, nas diferentes frações. os teores variaram de 0,9 a 2,2 g/kg.



Continua figura.

Final da figura.

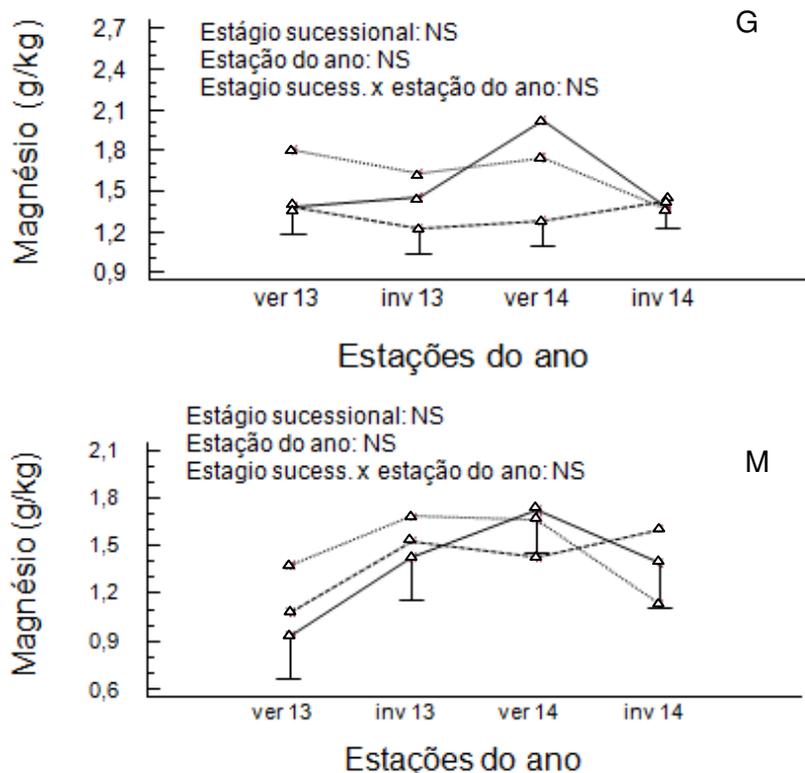
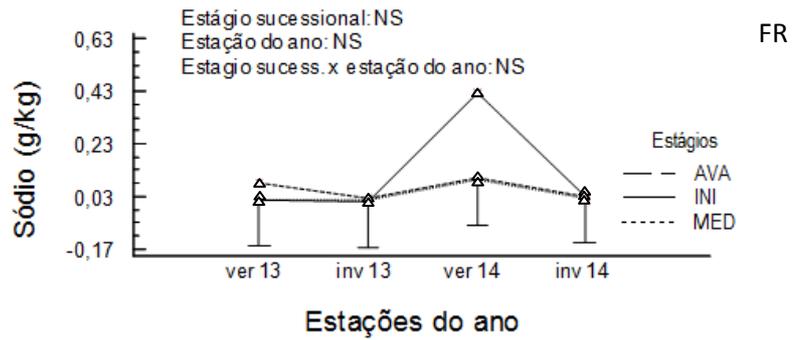
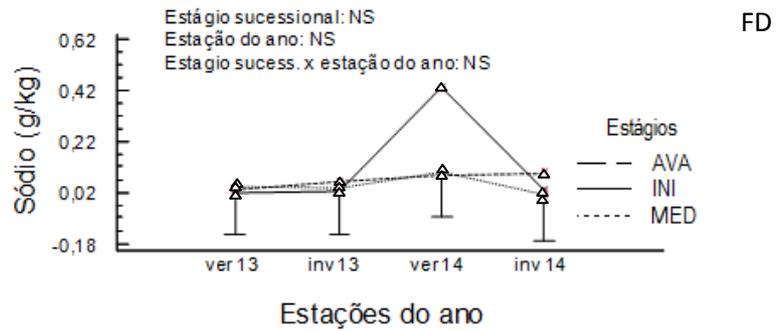


FIGURA 16. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE MAGNÉSIO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%. FONTE: O AUTOR.

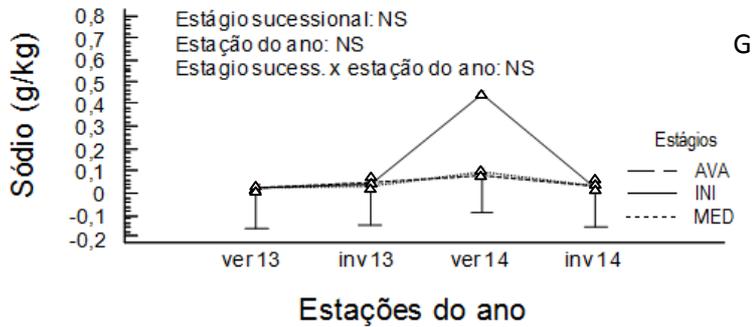
O teores de sódio (Figura 17) mostram como particularidade os baixos teores de maneira geral, mas também com picos de concentração no estágio INI no verão de 2014, como também identificado para P e Mg. Estes valores também foram encontrados por Bianchin (2013) nas fases sucessionais em que trabalhou, sendo considerados valores altos em relação a trabalhos de outros autores, como Dickow (2010). Este comportamento do P, Ca e Na, se deve possivelmente a menor liberação destes elementos da serapilheira devido as baixas precipitações no verão de 2014, onde a precipitação ficou em torno de 107mm, sendo quatro vezes menor que a média histórica.



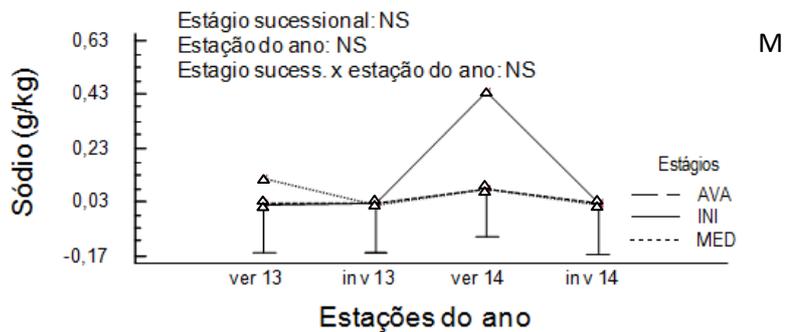
FR



FD



G

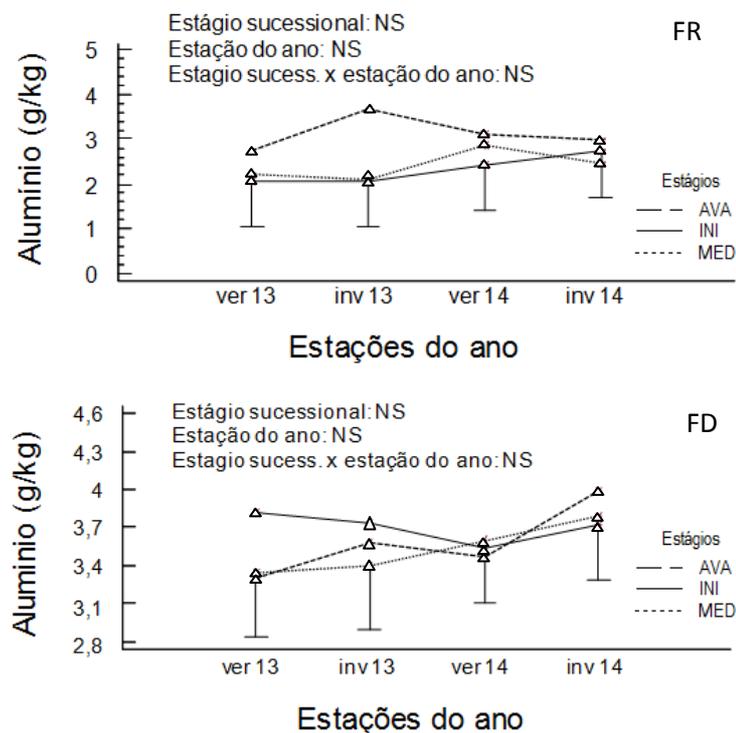


M

FIGURA 17. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE SÓDIO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.
FONTE: O AUTOR.

Os teores de alumínio encontram-se representados na figura 18, onde não se observa efeito claro, seja dos estágios sucessionais ou das estações do ano, nas diferentes frações da serapilheira. O solo de estudo no estágio AVA possui uma acidez alta (Material e métodos geral), em média com pH de 3,85, considerado com alta acidez. Em regiões tropicais o uso do solo para a agricultura é amplamente divulgado a toxicidade do alumínio nas espécies agrícolas, no entanto em florestas tropicais existem espécies que desenvolvem habilidade em tolerar alumínio (BRITEZ *et al.*, 2002).

A serapilheira de florestas tropicais geralmente apresenta teores elevados deste elemento, em função da presença de plantas tolerantes ao Al. Desta forma, há um acúmulo deste elemento em seus tecidos e assim na serapilheira. Um exemplo disto é a espécie *Tapirira guianensis*, encontrada em áreas da mesma reserva sobre um gleissolo (Martins, 2012).



Continua figura.

Final da figura.

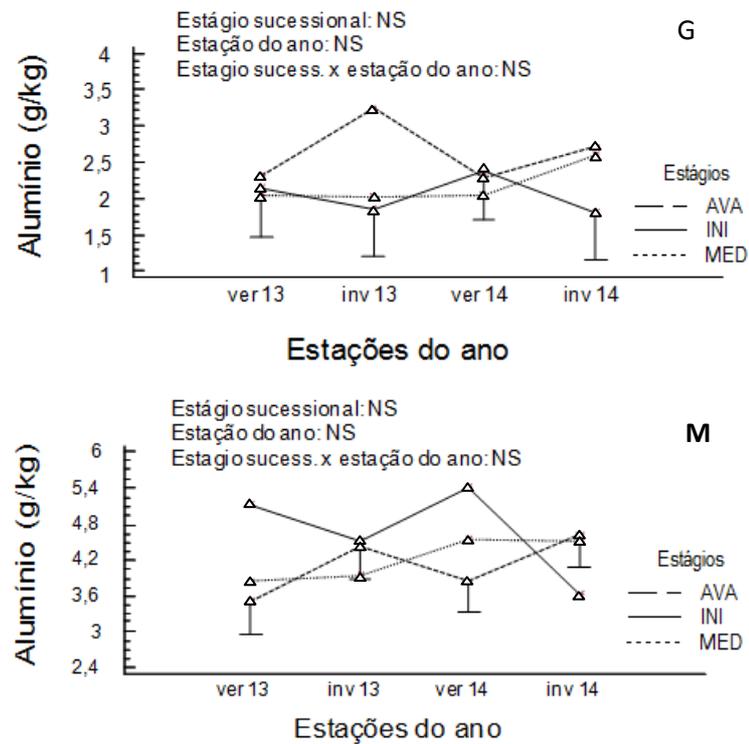


FIGURA 18. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE ALUMÍNIO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%. FONTE: O AUTOR.

As concentrações de Mn, Fe, Zn e Cu (figura 19, 20, 21 e 22) não apresentam efeito para estações do ano nem para os diferentes estágios sucessionais. O que ocorre é uma amplitude de valores para os diferentes elementos, nas diferentes frações.

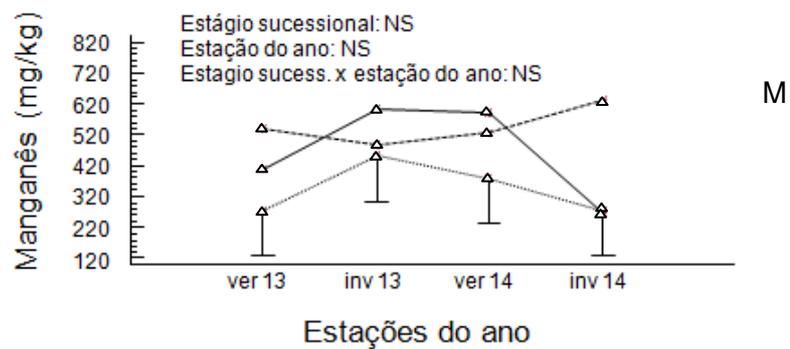
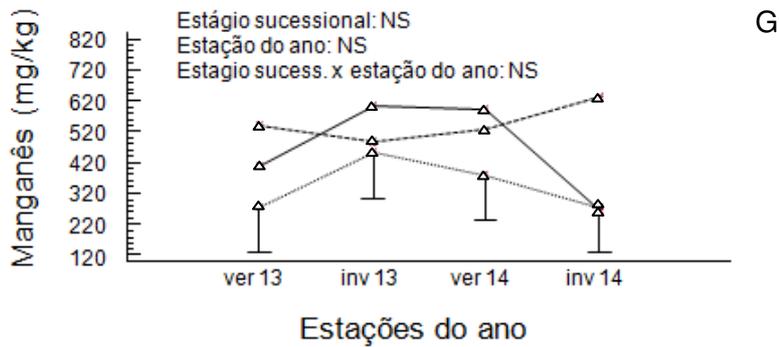
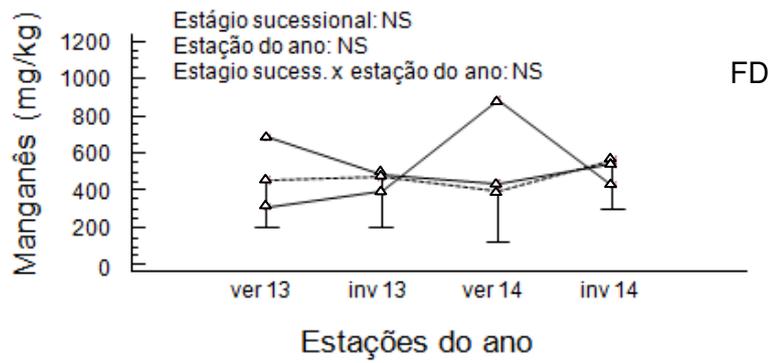
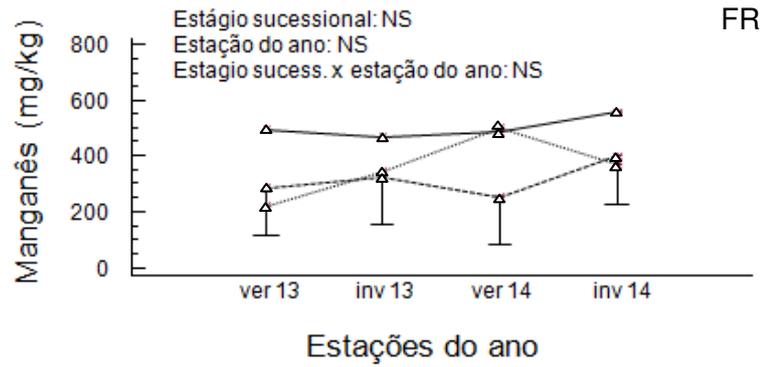


FIGURA 19. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE MANGANÊS NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%

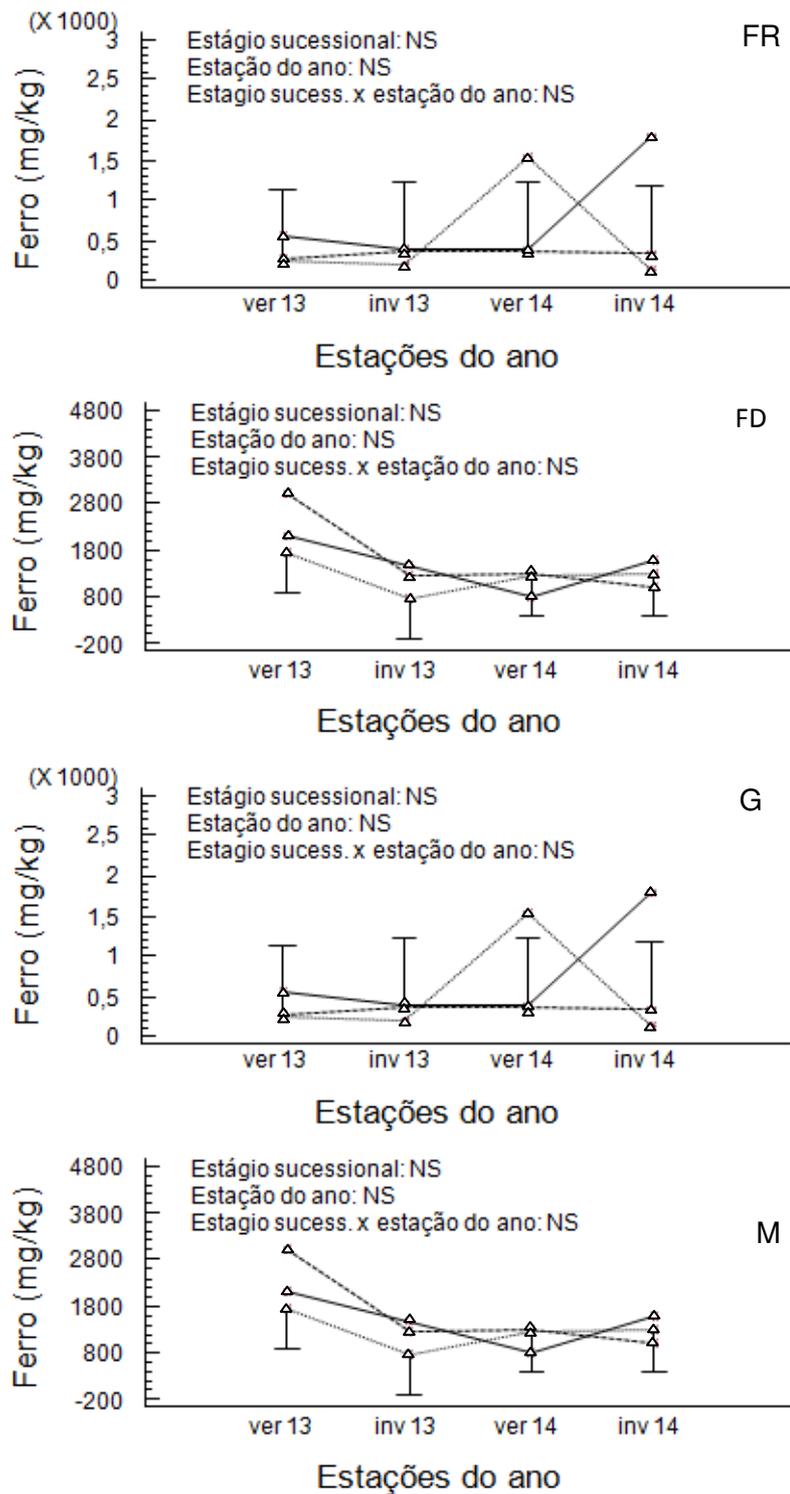


FIGURA 20. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE FERRO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%

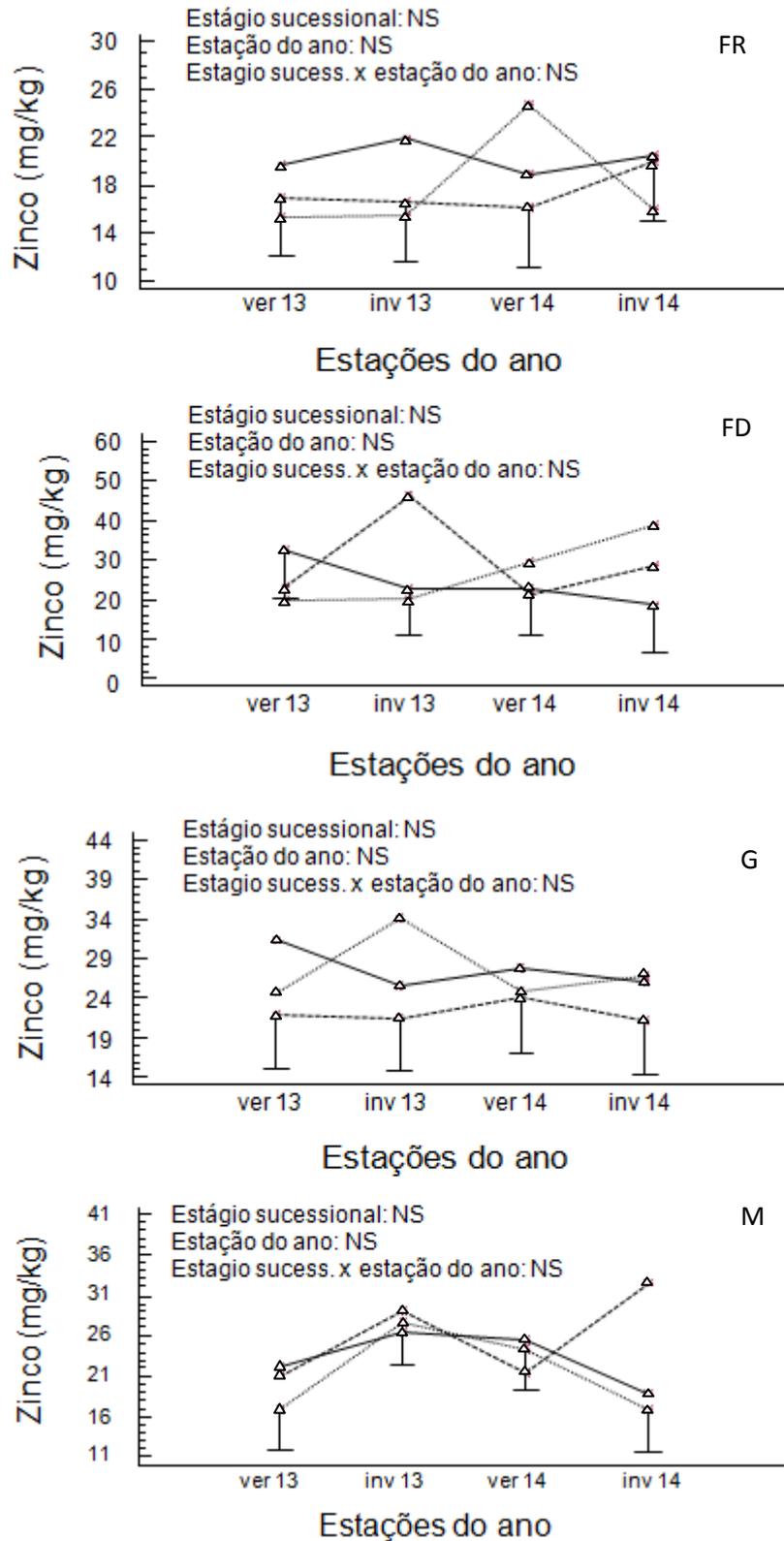


FIGURA 21. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE ZINCO NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%

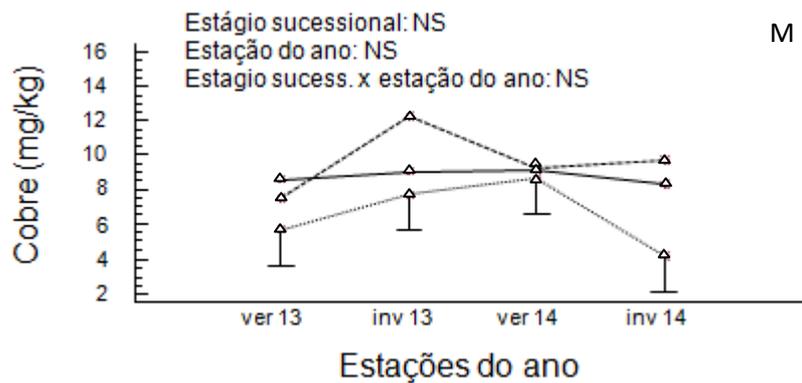
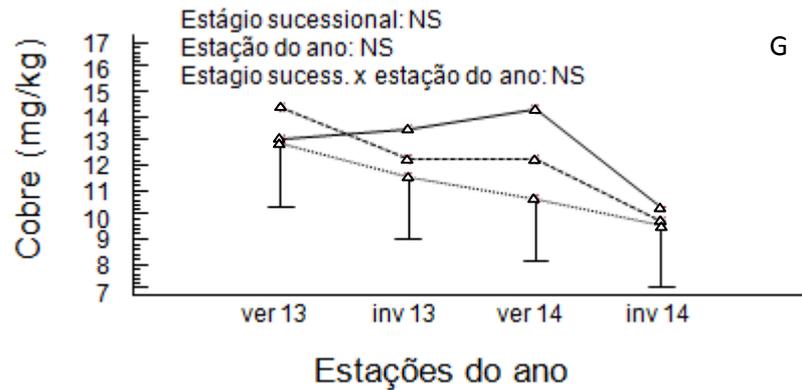
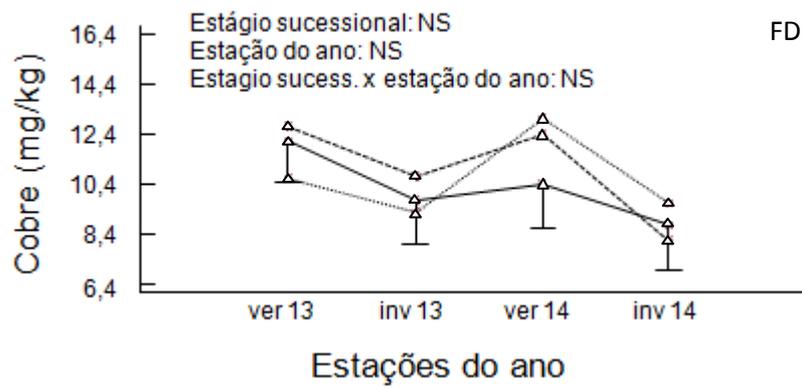
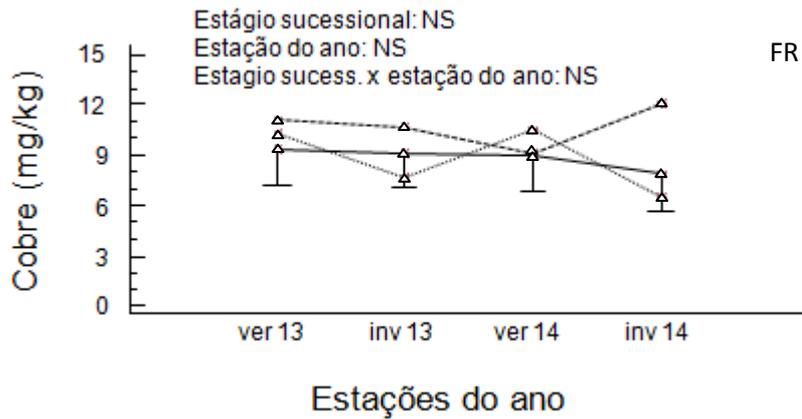


FIGURA 22. EFEITOS DA IDADE DA FLORESTA E DA ESTAÇÃO DO ANO SOBRE OS TEORES DE COBRE NAS FRAÇÕES FOLHAS RECÉM CAÍDAS (FR); FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (FD); GALHOS (G); MISCELÂNEA (M). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O LIMITE DHS (DIFERENÇA HONESTAMENTE SIGNIFICANTE) DE LSD A 5%.

O ferro não mostra um padrão com relação aos teores para todas as frações, apresentando os maiores valores na fração M, Esses valores elevados estão associados aos altos teores de ferro que possivelmente há no solo, uma vez que havia solo junto à fração miscelânea, e foram encontrados por Bianchin (2013), na fração restos.

O zinco (Zn) foi um nutriente que apresentou um comportamento muito semelhante ao do manganês, com os maiores valores foram encontrados no estágio INI e nas frações L e F. o cobre (Cu), com teores muito próximos em todos os estágios sucessionais oscilando entre os estágios INI e AVA com os maiores teores, com os maiores teores nas frações FR, FD, e G. Ao contrário do que Bianchin (2013) encontrou os maiores teores foram encontrados nos verões em relação aos invernos. E isso pode ser explicada pela relativa mobilidade do cobre na planta, que quando encontra-se com concentrações adequadas é redistribuído para as partes mais novas quando necessário, (MALAVOLTA, VITTI E OLIVEIRA, 1997), fazendo com que nos períodos de maior precipitação haja menos Cobre na planta, o que não aconteceu neste trabalho.

3.4 Estoque de C, Macronutrientes, Micronutrientes, Sódio e Al na serapilheira acumulada

Neste trabalho a variação aproximada dos estoques esteve entre 65 a 103 de N $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; 3,0 a 4,7 de P $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; 7,0 a 8,2 de K $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; 35 a 39 de Ca $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; 7,6 e 10,6 de Mg $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Tabela 2 e 3). Em estudos realizados em florestas tropicais naturais, os estoques de nutrientes encontrados na serapilheira acumulada por O'Connell e Sankaran (1997), estiveram entre 7 e 96 kg de N; 0,2 e 5 kg de P; 1 e 16 kg de K; 4 e 270 kg de Ca; e 0,7 a 14 kg de Mg por hectare. Comparando os valores encontrados neste trabalho com citados acima, fica evidente apenas para o nitrogênio, que seus valores estão acima do limite encontrado por estes autores.

Observa-se o efeito estacional sobre a fitomassa acumulada, sendo esta a responsável pelo estoque da floresta. Os resultados deste estudo corroboram com Dickow (2010), que estudou em áreas de Floresta Ombrófila Densa do litoral

paranaense, apenas para os estágios iniciais. A autora observou acúmulos em termos de serapilheira total de 3,8, 7,2 e 3,9 Mg.ha⁻¹, nas fases inicial, média e avançada, respectivamente. Em comparação com as quantidades acumuladas neste estudo, o estágio avançado acumulou mais seguidos do estágio médio e por fim do estágio inicial.

Os menores acúmulos no estágio sucessional INI, estão em desacordo com o descrito por MEGURO (1979), que diz que , a taxa de acúmulo de serapilheira é elevada no período de maior crescimento da floresta, estabilizando com a maturidade. Porém esse menor acúmulo nos estágio inicial pode ser uma referência a rápida e intensa decomposição do material acumulado sobre o solo em função das diferentes espécies presentes (O'CONNELL e SANKARAN, 1997).

Com relação aos nutrientes não houve efeitos das estações do ano, mas é possível observar uma tendência de estoques superiores nos verões seguindo a mesma observação para a fitomassa total. Em estudos na Floresta Ombrófila Densa Submontana Dickow (2010) encontrou os menores no verão. No entanto, esta autora estudou a serapilheira acumulada ao longo das 4 estações do ano, enquanto neste trabalho as avaliações ocorreram apenas nos verões e invernos.

TABELA 2. DADOS MÉDIOS DE ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO NA SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO NOS ESTAGIOS SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

FRAÇÃO	ESTAÇÃO	ESTOQUE DOS ELEMENTOS (g.ha-1)											
		Fitomassa				C				N			
		INI	MED	AVA	MÉDIA	INI	MED	AVA	MÉDIA	INI	MED	AVA	MÉDIA
FR	Verão 13/14	976,3	884,1	1386,8	1082,3	229,4	242,0	233,2	234,9	7,4	9,0	10,1	8,8
	Inverno 13/14	811,5	1090,2	799,3	900,3	185,4	206,1	229,5	207,0	6,4	6,9	9,3	7,5
	MÉDIA	893,9	987,1	1093,0	991,3	207,4	224,0	231,3	220,9	6,9	7,9	9,7	8,2
FD	Verão 13/14	3436,7	3932,5	4021,8	3797,0	1703,3	2629,3	2729,2	2353,9	69,5	114,7	127,7	104,0
	Inverno 13/14	1902,5	2582,4	4628,0	3037,6	1467,6	1980,8	1966,8	1805,1	61,7	79,5	80,7	74,0
	MÉDIA	2669,6	3257,5	4324,9	3417,3	1585,5	2305,0	2348,0	2079,5	65,6	97,1	104,2	89,0
G	Verão 13/14	1922,6	2516,0	942,9	1793,8	1206,6	1078,5	943,6	1076,2	32,6	32,7	28,9	31,4
	Inverno 13/14	942,2	1035,4	2359,9	1445,8	688,1	943,3	1313,0	981,5	16,9	24,2	40,4	27,2
	MÉDIA	1432,4	1775,7	1651,4	1619,8	947,4	1010,9	1128,3	1028,8	24,8	28,4	34,7	29,3
M	Verão 13/14	3178,1	5718,3	5734,5	4877,0	519,3	889,6	1113,5	840,8	25,7	44,2	61,5	43,8
	Inverno 13/14	4081,1	4967,0	3016,1	4021,4	575,4	717,0	688,1	660,2	25,2	33,9	35,5	31,5
	MÉDIA	3629,6	5342,7	4375,3	4449,2	547,4	803,3	900,8	750,5	25,5	39,1	48,5	37,7
SERAPILHEIRA TOTAL	Verão 13/14	9513,7	13050,9	12086,0	11550,1	3658,6	4839,3	5019,4	4505,8	135,2	200,7	228,3	188,0
	Inverno 13/14	7737,3	9675,0	10803,4	9405,2	2916,5	3847,1	4197,5	3653,7	110,2	144,5	165,9	140,2

TABELA 3. DADOS MÉDIOS DE ESTOQUE DE FÓSFORO, POTÁSSIO, CÁLCIO E MAGNÉSIO NA SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO NOS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

FRAÇÃO	ESTAÇÃO	ESTOQUE DOS ELEMENTOS (g.ha ⁻¹)															
		P				K				Ca				Mg			
		INI	MED	AVA	MÉDIA	INI	MED	AVA	MÉDIA	INI	MED	AVA	MÉDIA	INI	MED	AVA	MÉDIA
FR	Verão 13/14	0,3	0,3	0,4	0,3	1,1	1,0	1,0	1,0	4,7	3,7	3,6	4,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Inverno 13/14	0,2	0,2	0,3	0,2	0,9	0,9	1,0	0,9	3,9	2,9	3,8	3,5	0,8	0,9	0,9	0,9
	MÉDIA	0,2	0,2	0,4	0,3	1,0	0,9	1,0	1,0	4,3	3,3	3,7	3,8	0,9	1,0	1,0	0,9
FD	Verão 13/14	2,9	4,1	5,9	4,3	7,0	8,1	10,3	8,5	32,4	48,3	49,1	43,3	8,2	13,1	12,5	11,3
	Inverno 13/14	2,6	3,0	3,3	2,9	6,3	6,5	5,9	6,3	35,9	28,2	32,3	32,1	6,8	9,5	8,4	8,2
	MÉDIA	2,8	3,5	4,6	3,6	6,7	7,3	8,1	7,4	34,2	38,2	40,7	37,7	7,5	11,3	10,5	9,8
G	Verão 13/14	1,4	1,0	1,4	1,3	2,8	3,4	2,3	2,8	22,5	13,8	13,6	16,6	3,6	4,5	3,7	3,9
	Inverno 13/14	0,9	0,7	1,2	1,0	1,7	2,0	3,1	2,3	13,1	11,3	18,7	14,4	2,1	3,2	4,3	3,2
	MÉDIA	1,2	0,9	1,3	1,1	2,3	2,7	2,7	2,6	17,8	12,6	16,2	15,5	2,9	3,8	4,0	3,6
M	Verão 13/14	1,1	1,9	3,8	2,2	1,9	2,5	4,6	3,0	10,5	15,9	16,1	14,2	2,4	4,7	5,4	4,2
	Inverno 13/14	1,4	1,3	1,5	1,4	3,2	1,8	2,1	2,4	16,5	8,9	11,4	12,3	2,9	3,4	3,2	3,2
	MÉDIA	1,3	1,6	2,7	1,8	2,6	2,1	3,4	2,7	13,5	12,4	13,8	13,2	2,7	4,1	4,3	3,7
SERAPILHEIRA TOTAL	Verão 13/14	5,7	7,2	11,5	8,1	12,8	14,9	18,3	15,3	70,1	81,8	82,4	78,1	15,2	23,3	22,7	20,4
	Inverno 13/14	5,1	5,2	6,4	5,6	12,1	11,2	12,2	11,8	69,4	51,4	66,3	62,3	12,6	17,0	16,9	15,5

TABELA 4. DADOS MÉDIOS DE ESTOQUE DE MICRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NOS DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO NOS ESTAGIOS SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

FRAÇÃO	ESTAÇÃO	ESTOQUE DOS ELEMENTOS (g.ha ⁻¹)																							
		Na				Al				Cu				Fe				Mn				Zn			
		INI	MED	AVA	MÉDIA	INI	MED	AVA	MÉDIA	INI	MED	AVA	MÉDIA	INI	MED	AVA	MÉDIA	INI	MED	AVA	MÉDIA	INI	MED	AVA	MÉDIA
FR	Verão 13/14	0,09	0,03	0,12	0,08	1,6	1,4	1,2	1,4	5,5	5,7	4,9	5,3	177,2	374,5	265,1	272,3	148,0	193,6	264,3	201,95	9,0	10,4	10,2	9,9
	Inverno 13/14	0,02	0,01	0,01	0,01	1,5	1,1	1,2	1,2	5,0	3,5	4,6	4,3	154,4	84,9	488,2	242,5	156,3	167,9	272,9	199,04	7,9	7,5	11,4	8,9
	MÉDIA																								
FD	Verão 13/14	0,30	0,2	0,7	0,40	8,1	12,8	12,3	11,1	30,0	41,9	38,0	36,6	4770,5	5818,4	5027,3	5205,4	990,4	2320,9	1895,9	1735,7	53,2	84,5	92,7	76,8
	Inverno 13/14	0,30	0,1	0,1	0,14	7,1	9,4	9,0	8,5	17,4	23,1	22,3	20,9	1998,4	2686,2	3673,8	2786,1	1033,9	914,2	1251,5	1066,5	62,1	74,1	48,8	61,7
	MÉDIA																								
G	Verão 13/14	0,13	0,1	0,3	0,17	3,3	2,3	2,5	2,7	19,0	14,4	15,0	16,1	538,2	516,9	453,9	503,0	787,8	403,9	550,9	580,9	33,7	31,3	33,3	32,8
	Inverno 13/14	0,05	0,0	0,0	0,04	2,4	2,8	2,8	2,6	8,8	11,2	16,9	12,3	275,6	258,9	443,8	326,1	461,0	405,1	596,0	487,4	17,4	32,5	38,9	29,6
	MÉDIA																								
M	Verão 13/14	0,10	0,1	0,5	0,23	3,7	6,6	10,6	7,0	8,3	11,2	18,1	12,5	3429,8	5631,1	11579,8	6880,2	306,7	601,2	845,2	584,4	22,0	32,5	47,9	34,1
	Inverno 13/14	0,05	0,1	0,0	0,06	4,3	5,4	4,9	4,9	10,8	6,7	10,0	9,2	3850,0	3873,5	3976,8	3900,1	509,4	350,3	590,2	483,3	32,3	22,1	27,5	27,3
	MÉDIA																								
SERAPILHEIRA	Verão 13/14	0,6	0,9	3,2	1,6	33,5	46,5	53,3	44,4	125,5	146,5	152,2	141,4	17831,7	24681,9	34652,5	25722,0	4465,7	7039,2	7112,8	6205,9	235,9	317,5	368,5	
TOTAL	Inverno 13/14	0,5	0,4	0,3	0,4	30,6	37,1	35,7	34,5	84,0	88,9	107,6	93,5	12556,9	13807,0	17165,2	14509,7	4321,6	3675,1	5421,3	4472,6	239,6	272,4	253,2	

Os estoques de nutrientes na serapilheira acumulada nos três estágios sucessionais, em ordem decrescente, foram: N > Ca > Mg > K > P > Na. Esta mesma seqüência foi encontrada por Dickow (2010), assim como Caldeira *et al.* (2008) na Floresta Ombrófila Densa Submontana: Com exceção do potássio que é facilmente lixiviado das folhas, (Ranger; Marques; Colin-Belgrand, 1997), o processo de retorno dos nutrientes ocorre por decomposição da serapilheira (sendo está a principal via de retorno de nutrientes ao solo).

Para os micronutrientes (Tabela 4), o estoque do Mn variou de 1600 mg.ha⁻¹ (INI) a 3800 g.ha⁻¹, valor este encontrado no estágio sucessionais AVA. Estes valores estão abaixo dos encontrados por Bianchin, (2013) em áreas próximas deste estudo, os quais variaram de 1788 a 5911 g.ha⁻¹ para os mesmos estágios sucessionais (inicial e avançado). Assim como no trabalho citado, os maiores acumulos de Mn ocorreram na fração folhas, e na estação do verão em todos os estágios sucessionais.

O ferro também apresentou valores mais altos variando de 6262 g.ha⁻¹ (MED) a 20.114 g.ha⁻¹ no estágio avançado. Com relação às frações a maior contribuição foi das folhas em decomposição em todos os estágios e nos verões, assim como encontrado por Bianchin, (2013).

O padrão temporal de estoque dos micronutrientes de forma geral foi superior na fração folhas em decomposição (FD) e nos verões em relação aos invernos estudados. A seqüência encontrada foi de Fe>Mn>Zn>Cu. A seqüência mudou para Fe e Mn no trabalho desenvolvido por Biachin (2013) e no trabalho desenvolvido por Dickow (2010) com algumas áreas em comum.

Os maiores valores de Mn encontrados assim como os de Fe, podem estar associados ao pH baixo do solo de estudo, favorecendo sua disponibilidade no solo, fato que pode ter facilitado a absorção destes pelas espécies florestais. De maneira geral os micronutrientes apresentaram resultados significativos na estação de verão. Para a maior parte dos nutrientes, com exceção do potássio que retorna ao solo por lixiviação das folhas Ranger; Marques & Colin-Belgrand, (1997), é através da ciclagem biológica, que é representada pela queda e decomposição da serapilheira, a principal via de retorno de nutrientes ao solo.

4. CONCLUSÕES

A quantidade de fitomassa acumulada foi superior no estágio sucessional avançado, seguido dos estágios médio e inicial. E entre as frações a fração FD apresentou maior deposição em relação as demais frações estudadas.

Não houve efeito das estações do ano e estágios sucessionais para os estoques de carbono e nutrientes presentes na serapilheira acumulada.

A liberação de nutrientes da serapilheira mostrou a seguinte dinâmica: para os macronutrientes a ordem decrescente de teores encontrados foi: N>Ca>Mg>K>P>Na e os micronutrientes Fe>Mn>Zn>Cu.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIANCHIN, J. E. Aporte de fitomassa e nutrientes em florestas secundárias da Mata Atlântica no litoral do Paraná. 102 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- BOEGER, M. R.; WISNIEWSKI, C.; REISSMANN, C. B. Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa no Sul do Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 19, n.1, p.167-181, 2005.
- BRITEZ, R. M., REISSMANN, C. B., WATANABE, T., OSAKI, M. Efeito do Alumínio no desenvolvimento e nutrição de Tapirira guianensis Aubl em solução hidropônica. **Revista Floresta** (UFPR), Curitiba. v. 32, p. 171-188. 2002.
- 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: **2º Congresso nacional sobre essências nativas**, 2., 1992, São Paulo. Anais. São Paulo: **Revista do Instituto Florestal**, 1992. v.4, n.3, p.766-772.
- BRITEZ, R.M. Ciclagem de Nutrientes Minerais em duas Florestas da Planície Litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Paraná. 1994.
- BLUM, H. Caracterização biogeoquímica da serapilheira e da matéria orgânica do solo sob plantios com diferentes espécies florestais em Rio Negro-PR. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADT, S.S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.1, p.53-68, 2008.
- CORREIA M.E.F. ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: Santos GA, Camargo FAO, editores. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese; 1999.
- CUNHA, G.C.; GRENDENE, L.A.; DURLO, M.A.; BRESSAN, D.A. Nutrient cycling in a seasonal deciduous forest with special respect to the mineral content produced by the litter fall. **Revista Ciência Florestal**, v.3, n.1, p.36-64, 1993.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMAN, F.X. Manejo de solos com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 20, p. 761-773. 1985.
- DICKOW, K. M. C. Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. 215 f.
- DICKOW, K. M. C; MARQUES, R.; PINTO, C.B Lixiviação de nutrientes da serapilheira recém-depositada em sucessão ecológica na Floresta Atlântica, litoral do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 145-156, jan./mar. 2009b.
- GIESSELMANN, U.C.; MARTINS, K.G.; BRÄNDLEA, M.; SCHÄDLERC, M.; MARQUES, R.; BRAND, R. Lack of home-field advantage in the decomposition of leaf litter in the Atlantic Rainforest of Brazil. **Applied Soil Ecology** v:49 p. 5-10. 2011.
- GONZALES, M. I. M.; GALHARDO, J. F. El efecto hojarasca: una revision. **Anales de Edafología y Agrobiología**, Madrid, v.41, p 1130- 1157, 1982.

HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T.J.C. & FANCELLI, A.L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:331-340, 2001.

KOEHLER, W. C. Variação estacional de deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de Pinus taeda na região de Ponta GrossaPR. 1989. 138f. **Tese** (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 1989

LEITE, F.P.As diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil: proposta de classificação. 160 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

LIEBSCH, D.; GOLDENBERG, R.; MARQUES, M.C.M. Florística e estrutura de comunidades vegetais em uma cronosequência de Floresta Atlântica no Estado do Paraná, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v.21, n.4. p.983-992, 2007.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba:

MARTINS, K.G. DINÂMICA TEMPORAL DA VEGETAÇÃO E DA DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA EM SUCESSÃO SECUNDÁRIA DA FLORESTA ATLÂNTICA DO SUL DO BRASI. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MEGURO, M.; VINUEZA, G.N.; DELITTI, W.B.C. **Ciclagem de nutrientes minerais na Mata Mesófila secundária. Produção e conteúdo de nutrientes minerais do folheto**. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo, São Paulo, v. 7, p. 61-67, 1979.

NEVES, E. J. M.; MARTINS, E. G.; REISSMANN, C. B. Deposição de serapilheira e de nutrientes de duas espécies da Amazônia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.43, p.47-60, 2001. (Edição Especial).

O'CONNELL, A.M.; SANKARAN, K.V. Organicmatteraccretion, decompositionandmineralization. In: NAMBIAR, E.K.S.; BROWN, A.G. (Ed.) **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests**.Canberra: ACIAR Australia/CSIRO, 1997. p.443-480.

PINTO, C.B.; MARQUES, R. Aporte de nutrientes por frações da serapilheira em Sucessão ecológica de um ecossistema da Floresta Atlântica. **Revista Floresta**, v. 33(3), p. 257-264, 2008.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V.**Ciclagem de nutrientes em florestas nativas**. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização florestal.Piracicaba: IPEF, 2000. p.287-308.

PROTIL, C. Contribuição de quatro espécies arbóreas ao ciclo biogeoquímico em Floresta Atlântica na planície litorânea do Paraná. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 127 f.

RANGER, J; MARQUES, R.; COLIN-BELGRAND, M. Nutrient dynamics during the development of a Douglas-fir (*Pseudotsugamenziesii*Mirb.) stand.**Acta Ecologica**, v.18, n.2, p.73-90, 1997.

ROCHA, A.A. Deposição de fitomassa e nutrientes, acumulação e decomposição de serapilheira em três tipologias da Floresta Atlântica, Paranaguá, PR. 98 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo) 2006.

RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S.; GALVÃO, F.; HATSCHBACH, G. G. As Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 24, p. 75-42, 2002.

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucariaangustifolia* (Bertol) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v.28, p.29-37, 2004.

SPAIN, A.V. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical australian rain forests. **Journal of Ecology**, v.72, n.3, p.947-961, 1984.

SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM E EDUCAÇÃO AMBIENTAL 2005. 516p.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. P. **FundamentosemEcologia**.Porto Alegre: Editora ARTMÉDIO, 2006. 592 pg. 2.ed.

WOICIECHOWSKI, T. Ciclagem de fitomassa e nutrientes na Floresta Ombrófila Densa Submontana no litoram do Paraná. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal)– Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015

.

CAPITULO II - DINÂMICA DA DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DA FLORESTA ATLÂNTICA NO PARANÁ

1. INTRODUÇÃO

A serapilheira é a principal responsável pelo retorno dos nutrientes da parte área florestal à superfície do solo (SPAIN, 1984). Este material pode ser classificado em serapilheira fina e grossa, sendo a serapilheira fina representada por diferentes frações como, folhas, cascas, material reprodutivo, frutos, flores, inflorescência, e ramos com dimensões de até 2 cm de diâmetro.

A ciclagem de nutrientes é um processo importante, responsável pelo funcionamento e também desenvolvimento do ecossistema florestal, uma vez que é resultado de fases como a absorção, assimilação e armazenamento de nutrientes na biomassa. Ainda como retorno ao solo com a matéria orgânica ou através das chuvas, acúmulo e decomposição sobre a superfície do solo, e fechando o ciclo, a mineralização onde os nutrientes ficam novamente disponíveis para serem assimilados pelas plantas. (HAAG 1985; DELITTI, 1995).

É claro que fatores abióticos também contribuem para a circulação de nutrientes, como as chuvas, no entanto, a grande contribuição da quantidade de nutrientes que será disponibilizado as plantas se deve ao processo de decomposição da matéria orgânica do solo. (HAAG 1985; POGGIANI, 1992;).

A quantidade de serapilheira que acumula sobre a superfície do solo varia conforme as características do ecossistema, além do seu estágio sucessional, com uma possibilidade de ser maior ou menor que a quantidade depositada anualmente pelas espécies florestais, considerando a funções das diferentes taxas de decomposição.

A velocidade com que se dá o processo de decomposição depende de fatores importantes como: temperatura, a umidade do solo, a sazonalidade, além de fatores abióticos. Fatores ligados a qualidade da serapilheira também devem ser considerados, como: quantidade de lignina presente, elementos minerais, celulose e substâncias alelopáticas e a comunidade decompositora (fauna do solo e

microflora). (MASON, 1980; SPURR; BARNES, 1980; MEGURO; VINUEZA; DELITTI, 1980; SWIFT; ANDERSON, 1989).

Existe uma relação em cadeia que circunda o processo de decomposição da serapilheira, onde os microorganismos irão promover a decomposição da serapilheira, se a qualidade do material foi significativa, e esta qualidade depende dos fatores climáticos que auxiliam na determinação das características abióticas do solo. (LAVELLE et al., 1993).

A acumulação de serapilheira, um dos objetos de estudo nesta tese, é variável conforme o ecossistema em que está inserida, uma vez que pode ser tanto maior ou menor que a quantidade depositada por ano, devido às diferentes taxas de decomposição (OLSON, 1963). O ambiente vai interferir na qualidade da serapilheira e na atividade microbiana (LAMBERS; CHAPIM; PONS, 1998). A maior ou menor velocidade de decomposição da matéria orgânica no solo se dá entre outros fatores, pela influência da temperatura, que na região tropical é superior em relação às regiões temperadas (PRESCOTT, 2005). Porém, a precipitação também interfere na decomposição da serapilheira, uma vez que, em anos de chuvas bem distribuídas, as taxas de decomposição sofrem menor variação, resultando em menores oscilações na quantidade da serapilheira acumulada (OGAWA, 1978).

A qualidade da serapilheira é outro fator que interfere no processo de decomposição da serapilheira, em função, por exemplo, das concentrações de nitrogênio, carbono, lignina e suas relações, assim como da área específica foliar KURKA *et al.*, 2002).

Os responsáveis pela decomposição da serapilheira são os invertebrados e os microorganismos que vivem nos solos, os quais pelo processo de trituração facilitam a lixiviação de vários compostos aumentando a área de superfície para bactérias e fungos em atividade no solo (WALL E MOORE, 1999).

Desta forma, o tipo de serapilheira vai determinar a comunidade de microorganismos específicos, o que pode levar à redução da decomposição de materiais provenientes de outras comunidades florestais (GHOLZ *et al.*, 2000).

Florestas tropicais possuem uma comunidade ampla de espécies da flora, o que resulta em uma serapilheira diversificada, proporcionando uma comunidade de decompositores mais diversificada e mais intensa (SANCHES *et al.*, 2009).

Apesar de serem conhecidos os fatores que influenciam os processos de decomposição da serapilheira nas florestas, poucos são os estudos realizados na Floresta Atlântica. Estudos na floresta atlântica - PR revelam que as maiores taxas de decomposição encontram-se nas florestas secundárias do que nas florestas mais jovens Wisniewski et al. (1997). Dickow (2010) encontrou em estudos na Floresta Ombrófila Densa no estado do Paraná, que o estágio sucessional médio apresentou menor velocidade de decomposição da serapilheira em função do maior acúmulo de material sobre o solo, o que pode ser explicado pela densidade maior de plantas e também as condições de solos que havia nos momentos de coletas. Desta forma torna-se importante a realização de estudos voltados adicionais para uma maior compreensão da dinâmica de decomposição dentro de áreas de sucessão secundária da Floresta Atlântica.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar a perda de fitomassa e a dinâmica da concentração de nutrientes na serapilheira em decomposição, em três estágios sucessionais da Floresta Ombrófila Densa, no litoral do Paraná.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização da área de estudos, com dados de localização, clima, solos, geomorfologia, e vegetação encontram-se descritos anteriormente em MATERIAL E MÉTODOS GERAL.

2.1 Ensaio de decomposição

Neste trabalho, utilizou-se o método direto, usando-se de sacos de decomposição, também chamados de *litterbags* para se poder avaliar o efeito da fauna do solo sobre a decomposição da serapilheira.

Para este ensaio foram selecionadas algumas espécies de árvores cujas folhas foram usadas nos ensaios. A escolha das espécies ocorreu em função da sua maior abundância na área de estudo, sendo este um levantamento realizado por

Giesselmann *et al.* (2010). Foram elas: *Alchorneatriplinervia* (Tapiá), *Pera glabrata* (Tabocuva), *Calypthrate spp.*(guamirim), *Sloanea guianensis* (laranjeira-lmbiuva). As folhas foram colhidas diretamente das árvores, nos meses de julho e agosto de 2007, sendo posteriormente colocadas para secar ao ar em local protegido da chuva. Uma vez as folhas secas, foi realizada a mistura das espécies escolhidas, colocando-se cerca de 2 gramas de folhas de cada espécie, totalizando cerca de 8gramas dentro de cada litterbag. Os litterbags possuíam a malha de 5mm x 5mm para permitir a passagem de macro e meso invertebrados.

Em agosto de 2007, os litterbags foram distribuídos nas áreas de estudo (Figura 23), seguindo o delineamento de blocos ao acaso. Foram realizadas 4 coletas de material para a avaliação da decomposição, aos 120, 220, 310 e 360 dias após a colocação dos saquinhos no campo. Uma vez coletados, os sacos foram encaminhados ao LAB, onde foram secados em estufa com circulação forçada à 60 °C, para posterior obtenção da massa seca, em balança analítica.



FIGURA 23. SACOS DE DECOMPOSIÇÃO DE MALHA DE 5 MM ALOCADOS EM TRÊS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS(INI, MED, AVA) EM ANTONINA,PR.
FONTE: ADAPTADO DE MARTINS, 2012.

2.2 Estimativa da constante de decomposição e fatores de correção

A taxa de decomposição (k) foi determinada usando-se o modelo exponencial desenvolvido por Olson (1963), $W_t = W_0 e^{-kt}$, onde:

W_t = fitomassa remanescente (%)

W_0 = peso inicial do material, o qual foi utilizado sempre como 100%

e = exponencial

k = taxa de decomposição

t = tempo em que o material ficou no campo (dias)

Este modelo foi utilizado por ser amplamente citado na literatura e por possibilitar o cálculo da taxa de decomposição independente do período de exposição e do número de retiradas do campo, bem como do intervalo entre as mesmas. Através das equações ajustadas para cada espécie, tamanho de malha e fase sucessional foi possível calcular a taxa de decomposição anual (k anual), obtida pela multiplicação do k pelo período de um ano (356 dias).

Para correção do peso final das amostras foi necessário calcular um fator de umidade pois as folhas confinadas nos litterbags estavam com sua umidade ambiente; conhecia-se apenas seu peso úmido inicial. Para se conhecer seu peso seco inicial foi utilizado o fator I (teor de umidade).

O fator I refere-se ao teor de umidade inicial das folhas e foi obtido pela divisão entre o peso úmido médio de 5 amostras (de aproximadamente 10g) pelo peso seco médio das mesmas 5 amostras de folhas após secagem em estufa. Portanto:

$$\text{Fator I} = \text{peso úmido} / \text{peso seco}$$

Como a fitomassa remanescente nos saquinhos coletados no campo poderia ter sido contaminada com material mineral, foi realizado procedimento para estimar o percentual de contaminação das amostras.

Para a determinação deste fator de contaminação foi necessário primeiramente retirar uma amostra de aproximadamente 1g do material que veio do

campo e queimá-la em mufla a 600°C durante 3 horas. Neste procedimento, todo material orgânico é volatilizado, restando apenas os minerais, ou cinzas. Com o peso das cinzas calculou-se o fator II. Portanto:

Fator II (teor de cinzas final) = peso das cinzas do material coletado / peso seco da amostra do material coletado

2.3 Análises químicas

Para a determinação dos teores de C e N e relação C/N foram pesados entre 15 e 20 mg do material finamente moído em moinho de bola FRITSCH e incinerado em analisador elementar de CHNOS vario EL III.

Para a análise química dos minerais P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu e Zn presentes na folha, pesou-se 1g de material vegetal em cadinhos de porcelana para incineração em mufla à 500°C com posterior digestão ácida (HCl 3 mol L⁻¹) (MARTINS e REISSMANN, 2007). A determinação dos teores de Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn foi realizada em Espectrofotômetro de Absorção Atômica AA-6200 Shimadzu; K e Na em Espectrofotômetro de chamas e P por colorimetria em Espectrofotômetro UV/VIS Shimadzu modelo 1240-Mini.

2.4 Análises estatísticas

Para avaliar a taxa de decomposição da serapilheira, porcentagem de fitomassa remanescente nos *litterbags* e para os nutrientes remanescentes utilizou-se o software Statistica® através de ANOVA com dois fatores, sendo o primeiro fator formado pelo estágio sucessional com 3 níveis (INI, MED, AVA); e o segundo fator sendo os dias de permanência no campo com 4 níveis (0 – 120 – 220 – 310 – 360 dias).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fitomassa remanescente e taxa de decomposição

A perda de material foliar em função do tempo se mostrou similar entre os estágios sucessionais (Figura 24). A redução de fitomassa foi mais marcante até os 120 dias do início do ensaio, com nítida redução da taxa de decomposição após esta data. Ao final de 360 dias restou algo em torno de 15% do material colocado nos saquinhos de decomposição.

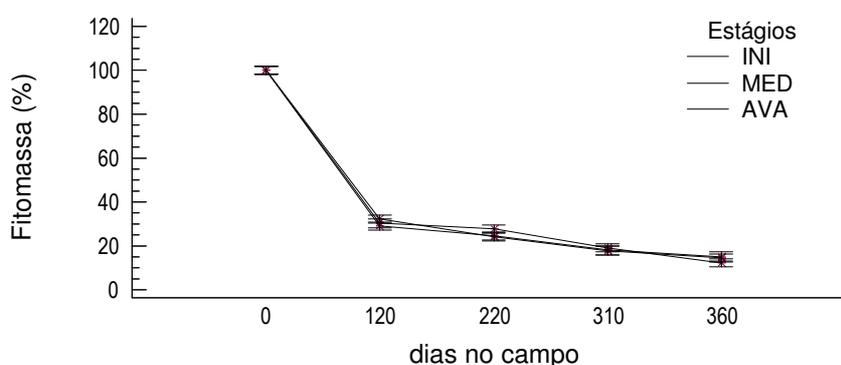


FIGURA 24. FITOMASSA REMANESCENTE AO LONGO DO PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO EM TRÊS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS NA FLORESTA ATLÂNTICA DO SUL DO BRASIL. FONTE: O AUTOR.

Esta ausência de efeito do estágio sucessional da floresta já havia sido identificada em outro estudo anterior nas mesmas áreas, onde os autores utilizaram litterbags preenchidos com serapilheira recém depositada (GIESSELMANN *et al.*, 2011). Dickow (2010), por sua vez, em estudo anterior em áreas próximas relatou uma influência do estágio sucessional no processo de decomposição de duas espécies florestais (*Sloanea guianensis* e *Tibouchina pulchra*), traduzido por uma menor quantidade de material remanescente sobre o solo das florestas mais velhas.

A constante de decomposição anual (k), em concordância com a dinâmica da fitomassa remanescente, também se mostra mais elevada aos 120 após o início dos ensaios de decomposição, decrescendo aos 220 dias e permanecendo sem muita alteração até o final do experimento. Não foi identificado efeito dos estágios sucessionais nos valores de k (Figura 25).

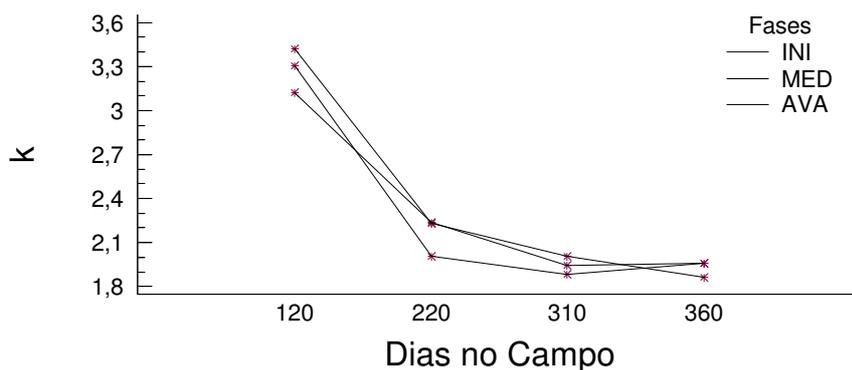


FIGURA 25. DINÂMICA DAS CONSTANTES DE DECOMPOSIÇÃO EM TRÊS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS NA FLORESTA ATLÂNTICA DO SUL DO BRASIL. FONTE: O AUTOR.

Os valores médios de k encontrados para os estágios sucessionais em ordem decrescente foram de 2,55 (INI), 2,44 (MED) e 2,40 (AVA). Influência do estágio sucessional da floresta nos valores de k têm sido observados por outros pesquisadores. Segundo Galvão *et al.* (1992), as espécies de fases iniciais possuem maior conteúdo de nitrogênio e baixa relação C/N, quando comparadas a espécies de estágios avançados. Vitousek (1984) também verificou este padrão em florestas tropicais. Na Floresta Atlântica Schmidt *et al.*, (2008) verificaram que as maiores taxas de decomposição da serapilheira total no estágio inicial, seguido do avançado e por fim do estágio médio.

Já Dickow (2010) relata, analisando a serapilheira total em uma Floresta Ombrofila Densa, que o estágio médio apresentou menor taxa de decomposição ($k=0,75$) em relação aos estágios inicial ($k=1,37$) e avançado ($k=1,36$) e portanto essa menor taxa de decomposição no estágio intermediário revela que este processo foi quase que duas vezes menor em relação aos demais. Este

comportamento do estágio médio se dá em função deste estágio sucessional estar em processo de mudanças tanto na florística, quanto na estrutura da floresta, e por sua vez, pode não ter se estabelecido a população decompositora no local, no momento de coleta (decompositores específicos) (O'CONNELL; SANKARAN, 1997

Os valores de k médios para este estudos foram de 2,5 (INI), 2,4 (MED) e 2,4 (AVA). Em outros estudos de decomposição em florestas tropicais os valores de k são menores aos deste trabalho, como: 0,72 em Guarujá (Varjabedian; Pagano 1988), na Floresta Ombrófila Densa Submontana (FODS), 1,46 no município de Cubatão (FODS) menos pulvida (LEITÃO FILHO *et al.* (1993)., em Campo dos Guaitacazes (FODS) k de 1,54. Em Ilha do Cardoso, SP, também de FODS foi encontrado k de 1,90, MORAES *et al.* (1999).

Como já foi descrito, o ambiente, o clima, o estágio sucessional possuem uma relação e interação entre si, como por exemplo na restinga, a taxa de decomposição tende a ser mais elevada. Já nas florestas mais velhas, ainda que estas possuam um dossel mais fechado há um maior acumulação de serapilheira no solo e isso vai favorecer a decomposição. O microclima mais úmido nas florestas mais velhas auxilia na velocidade de decomposição. Já na floresta submontana o comportamento pode ser o inverso.

Esta heterogeneidade da ciclagem de nutrientes inerente às regiões tropicais se deve a uma série de fatores, segundo Townsend *et al.*, (2008) os que mais se destacam são: elevada variação química e textural, bem como a susceptibilidade a erosão dos solos, e a alta diversidade vegetal e, ainda, a comunidade de macro decompositores.

3.2 Carbono, nitrogênio e relação C/N no material remanescente

Os teores de carbono ao final do ensaio de decomposição variaram entre 27 % e 33%, nitrogênio de 1,2 % a 2,0 % e a relação C/N de 15 a 27.

A diferença significativa das concentrações de nitrogênio e da relação C/N no estágio mais antigo da sucessão (Figura 26), pode estar refletindo uma maior eficiência das áreas mais jovens na ciclagem de nutrientes (Negrete *et al.*, 2008).

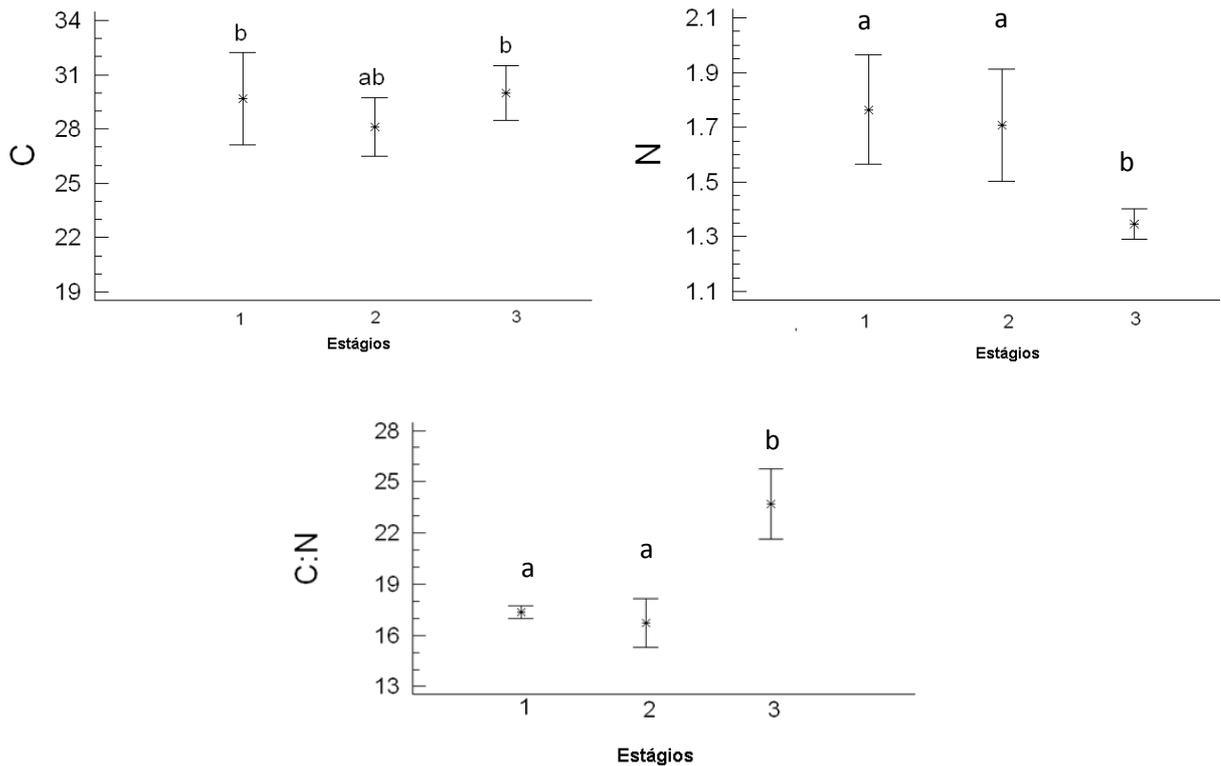


FIGURA 26. CONCENTRAÇÕES DE C (%), N (%) E RELAÇÃO C/N NOS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS 1-INI, 2- MED E 3-AVA EM ANTONINA-PR. FONTE: O AUTOR.

3.3 Dinâmica de macro e micro elementos na serapilheira em decomposição

A dinâmica dos macro e micro elementos está representada nas figuras 27, 28, 29, 30. Os valores referentes ao material no tempo zero (100% de fitomassa) foram retirados para a melhor visualização do comportamento dos elementos nos gráficos.

A rápida decomposição do material nos primeiros dias a campo (tempo zero a 120 dias) foi evidenciada para todos os elementos, ($p < 0,05$) podendo ser explicada pela palatabilidade do material vegetal aos organismos saprófagos durante este período, sendo estes, os responsáveis pela fragmentação acelerada das folhas facilitando a decomposição (PAULA et al. (2009).

De forma geral, a porcentagem da quantidade inicial dos bioelementos no material remanescente durante os 330 dias foi superior no estágio sucessional AVA (avançado) em relação ao INI e MED, com exceção do nitrogênio, onde o estágio

mais avançado apresentou menor porcentagem deste elemento no material remanescente. Este comportamento de maior retenção pode estar relacionado a um carácter mais conservativo, em relação à ciclagem de nutrientes, na floresta madura, uma vez que a velocidade de decomposição foi mais lenta neste estágio.

No estágio inicial há um acúmulo rápido de nutrientes acompanhado pelas taxas rápidas de retorno do nutriente, como altas taxas de deposição e decomposição de folhas. Desta forma, com a idade das florestas a taxa de retorno dos nutrientes reduz. Essa diminuição pode ser explicada, ou por baixas concentrações nos tecidos das plantas; baixas taxas absorção, redução das taxas de decomposição da serapilheira. (Guariguata e Ostertag 2000, Brown e Lugo 1990 e Vitousek 1989).

A dinâmica dos nutrientes no material remanescente de forma geral também apresentou comportamento similar entre macro e micro elementos , ou seja, a porcentagem da quantidade de bioelementos retidos nos litterbags reduziu ao longo do tempo que permaneceram no campo.

Para o nitrogênio, aos 120 dias permaneceram 26%, 28% e 20% da quantidade inicial de N, para os estágios: INI, MED e AVA, respectivamente. Já aos 220 dias foram encontrados 21%, 28% e 18% e na última coleta restaram 16%, 20% e 13%. O estágio sucessional avançado apresentou as menores porcentagens de nitrogênio retido no material remanescente em relação aos demais, revelando uma mineralização ao final de 87% em relação a 84% (INI) e 80% no MED.

O P não apresentou uma tendência clara, aumentando e diminuindo durante todo o período. Este comportamento do fósforo no material remanescente foi verificado no trabalho de Dickow (2010), que justificou esta elevação nas concentrações de fósforo ao efeito de concentração do elemento em função da redução da fitomassa aliado à atividade de microorganismos. Além de existir a possibilidade de contaminação do material com outras fontes contendo fósforo.

Outros autores justificam este aumento de concentração dos elementos em materiais vegetais em decomposição pela necessidade metabólica dos microorganismos, no momento em que, este elemento for limitante Swift, Heal e Anderson (1979). Neste trabalho os incrementos nas quantidades de um bioelemento está relacionado com a entrada deste, no sistema, como relata

Wisniewskiet *al.*(1997) trabalhando em Florestas secundárias em área de restinga, onde as mucilagens liberadas por raízes finas nos litterbags podem também ter sido responsáveis pela contaminação de P.

No potássio, o estágio avançado apresentou maior retenção deste bioelemento no material remanescente (36%, 25% e 18%) aos 120, 220 e 310 dias comparado aos demais estágios INI – 30%, 19%, 14% e MED - 35%, 18% e 17%. O potássio possui como característica a facilidade de ser lixiviado das folhas (FERNANDES, *et al.* 2006). Muitos pesquisadores relatam que as maiores perdas de K no início do processo de decomposição é em função deste elemento ser altamente solúvel e por isso facilmente lixiviável tanto de órgãos vegetais vivos ou mortos (MENGEL e KIRKBY, 1982; MALAVOLTA, 1980).

O cálcio e o magnésio apresentaram comportamento muito parecidos com uma redução da porcentagem no material remanescente do início para o final no período, com uma tendência do estágio avançado apresentar maiores porcentagens de retenção.

O sódio manteve o mesmo padrão do Cálcio e magnésio, reduzindo ao longo do tempo, com a diferença de que o estágio avançado foi o que reteu menos sódio no material remanescente.

O manganês, cobre, zinco e ferro apresentaram comportamentos similares, com aumentos na quantidade destes no material remanescente ao longo do tempo. Estes acréscimos podem ser explicados pela contaminação do solo através do contato dos litterbags com o mesmo.

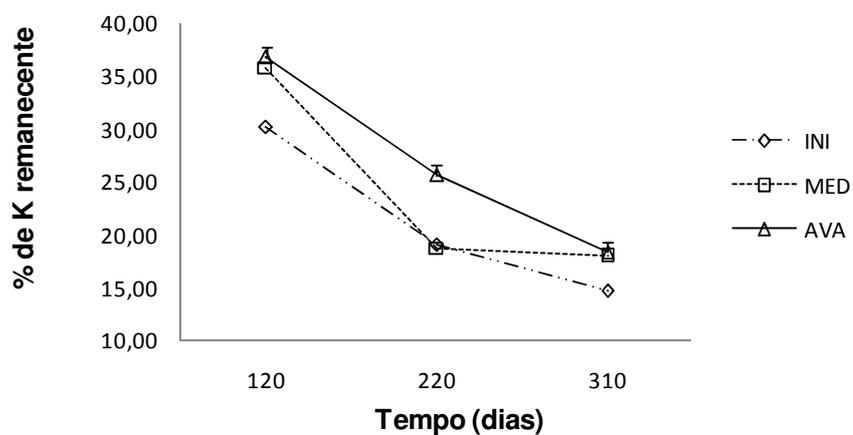
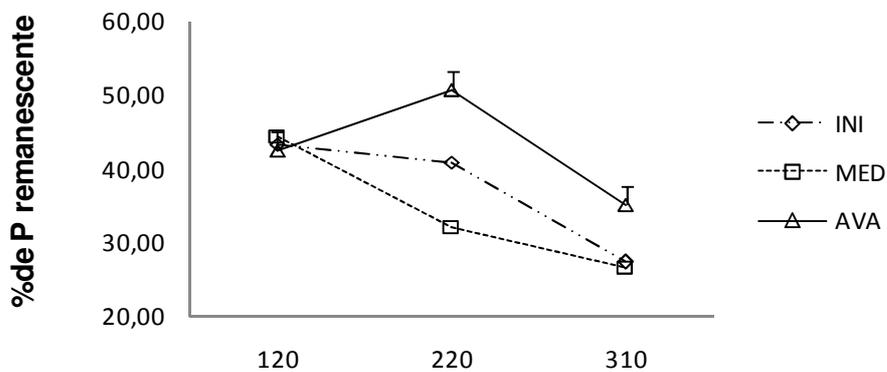
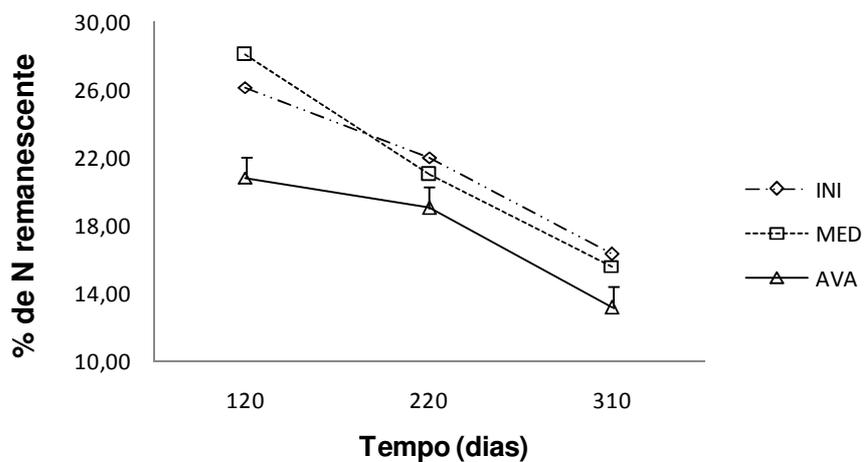


FIGURA 27. DINÂMICA DA PORCENTAGEM DOS MACRO ELEMENTOS (N, P, K,) NO MATERIAL REMANESCENTE AO LONGO DE 310 DIAS EM QUE PERMANECERAM NO CAMPO, EM TRES ESTÁGIOS SUCCESIONAIS (INI, MED E AVA). FONTE: O AUTOR. AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O ERRO PADRÃO.

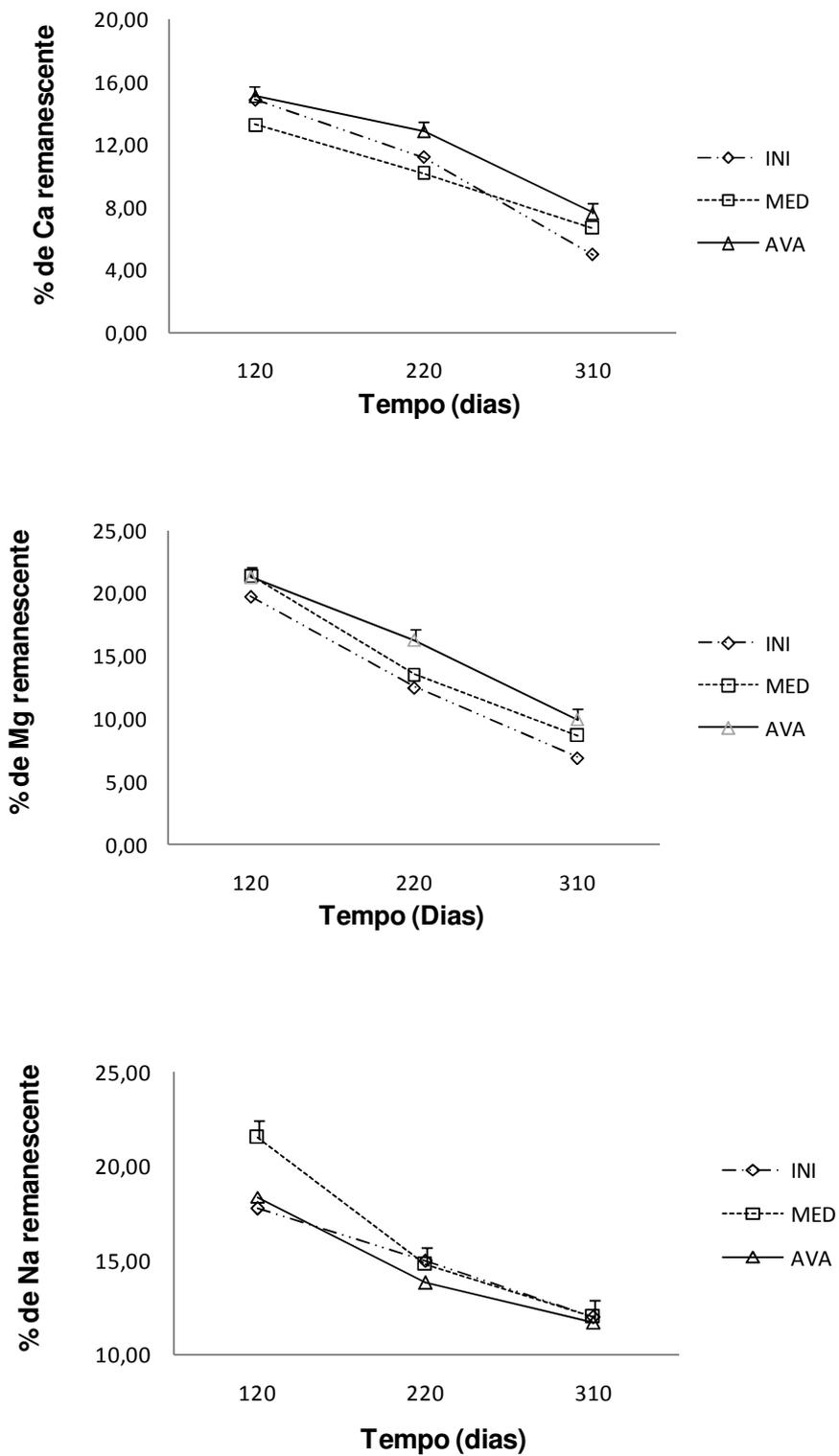


FIGURA 28. DINÂMICA DA PORCENTAGEM DOS MACRO ELEMENTOS (CA, MG,) E NA NO MATERIAL REMANESCENTE AO LONGO DE 310 DIAS EM QUE PERMANECERAM NO CAMPO, EM TRES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS (INI, MED E AVA). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O ERRO PADRÃO. FONTE: O AUTOR

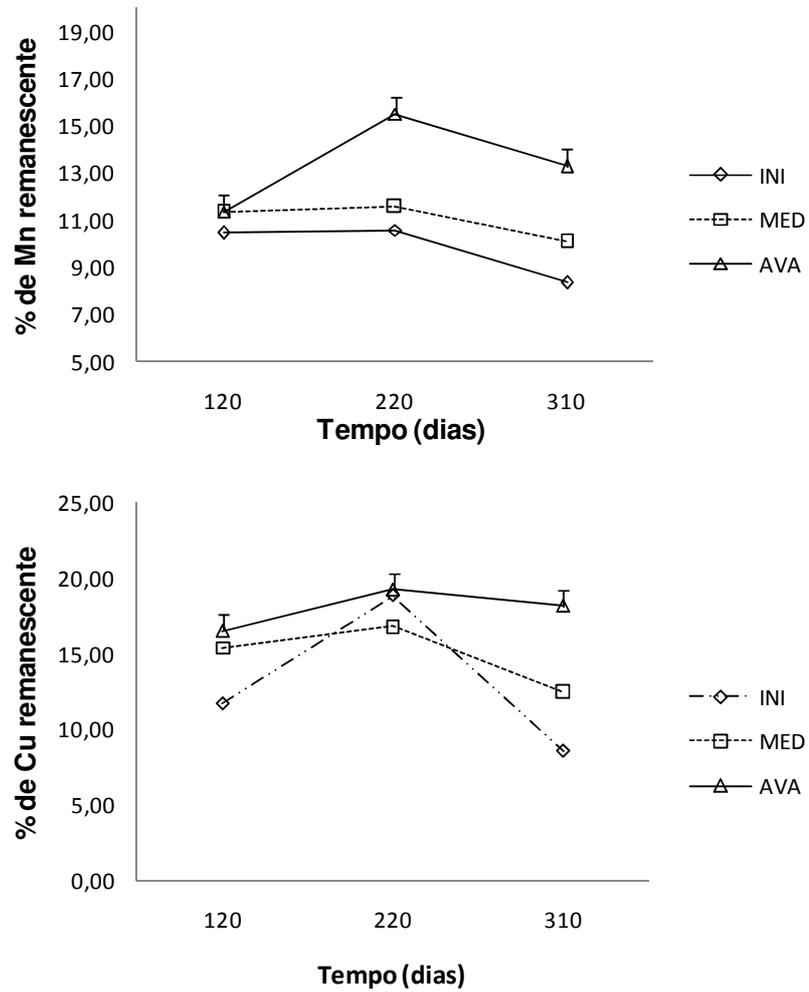


FIGURA 29. DINÂMICA DA PORCENTAGEM DOS MICRO ELEMENTOS (MN, CU) NO MATERIAL REMANESCENTE AO LONGO DE 310 DIAS EM QUE PERMANECERAM NO CAMPO, EM TRES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS (INI, MED E AVA). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O ERRO PADRÃO.
 FONTE: O AUTOR

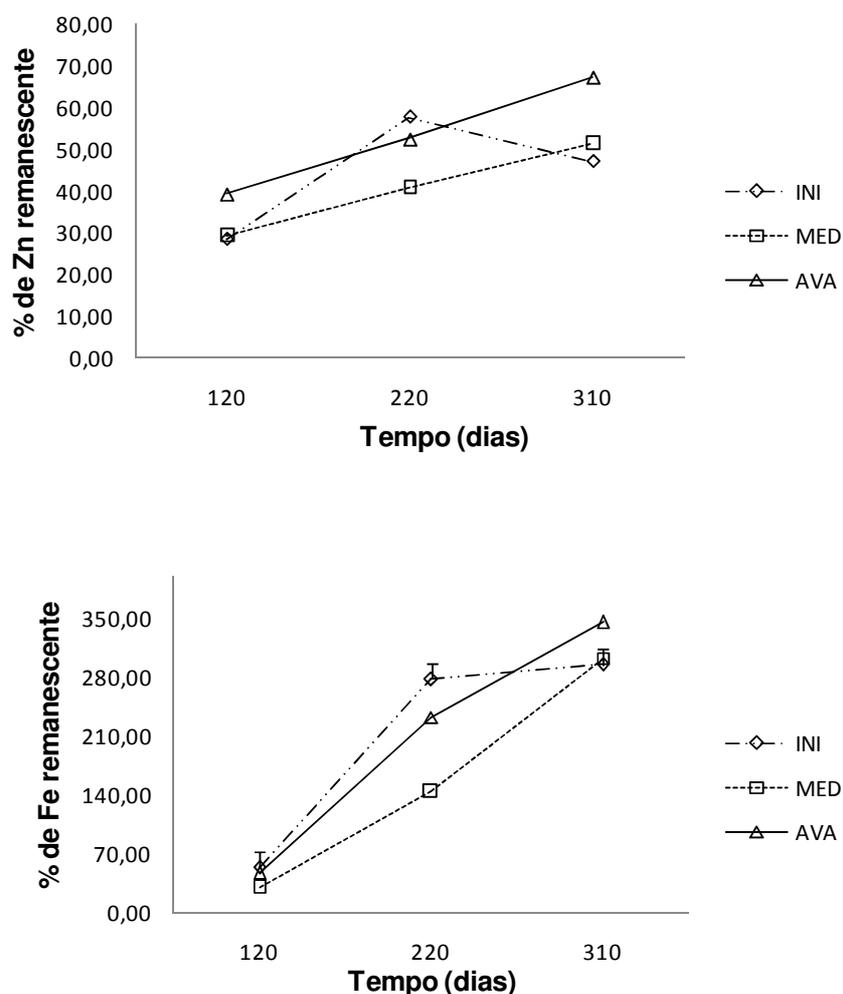


FIGURA 30. DINÂMICA DA PORCENTAGEM DOS MICRO ELEMENTOS (ZN, FE) NO MATERIAL REMANESCENTE AO LONGO DE 310 DIAS EM QUE PERMANECERAM NO CAMPO, EM TRES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS (INI, MED E AVA). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O ERRO PADRÃO.
 FONTE: O AUTOR

De maneira geral, os bioelementos mostraram taxas de decomposição diferentes, observada através da porcentagem de retenção de cada nutriente no material remanescente. Os elementos que permaneceram por mais tempo nos literbas, ou seja, foram decompostos mais lentamente em relação aos outros foram, na fase INI: P>N>K>Mg>Ca e para os micronutrientes Fe>Zn>Na>Cu>Mn; na fase MED: P>K>N>Mg>Ca e micro nutrientes Zn>Fe>Cu>Na>Mn. Já na fase AVA os macros seguiram a seqüência de:

P>K>N>Mg>Ca e para os micro: Fe>Zn>Na>Cu>Mn Todos estes valores diferem dos encontrados por outros autores como Dickow (2009) que encontrou, por exemplo, no estágio intermediário e floresta K > Ca = Mg >Na.

4. CONCLUSÕES

A perda de peso ou a fitomassa remanescente não foi distinta entre os estágios sucessionais, revelando uma tendência do estágio INI apresentar menor fitomassa remanescente em relação ao MED e AVA que apresentaram um comportamento muito semelhante.

A dinâmica da relação C/N foi significativa para o estágio sucessional AVA em função da sua diversidade de espécies e capacidade de ciclagem de nutrientes.

Os macros e micro elementos apresentaram comportamentos distintos entre os estágios sucessionais, sendo na fase INI: P>N>K>Mg>Ca e para os micronutrientes Fe>Zn>Na>Cu>Mn; na fase MED: P>K>N>Mg>Ca e micro nutrientes Zn>Fe>Cu>Na>Mn. Já na fase AVA os macros seguiram a seqüência de: P>K>N>Mg>Ca e para os micro: Fe>Zn>Na>Cu>Mn.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, S.; LUGO, A.E. Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico. **Plant and Soil**, v.124, p. 53-64. 1990.
- DELLITI, W.B.C. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis**, v.1, p. 469-486, 1995.
- DICKOW, K. M. C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. 215 f.
- FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHAES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIACOMO, R. G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na FLONA Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, v.16, n.2, p.163-175, 2006.
- GHOLZ, H.L., WEDIN, D.A., SMITHERMAN, S.M., HARMON, M.E., PARTON, W.J.,. Longterm dynamics of pine and hardwood litter in contrasting environments: toward a global model of decomposition. **Glob. Change Biol.** 6, 751–765, 2000.
- GIESSELMANN, U.C.; MARTINS, K.G.; BRANDLEA, M.;SCHADLEC, M.; MARQUES, R.; BRAND, R. Lack of home-field advantage in the decomposition of leaf litter in the Atlantic. **Applied Soil Ecology** V. 49, September Pag. 5–10. 2011.
- GIESSELMANN, U.C.; MARTINS, K.G.; BRANDLEA, M.;SCHADLEC, M.; MARQUES, R.; BRAND, R. Diversity and ecosystem functioning: Litter decomposition dynamics in the Atlantic Rainforest. **Applied Soil Ecology** v. 46, p. 283–290 (2010).
- GUARIGUATA, M.R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**. V.148, p.185-206. 2001.
- HAAG, H. (coord.) **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144 p.
- KURKA, A.; STARR, M.; HEIKINHEIMO, M.; SALKINOJA-SALONEN, M. Decomposition of cellulose strips in relation to climate, litterfall, nitrogen, phosphorus and C/N ratio in natural boreal forests. **Plant and Soil**, v.219, p.91-101, 2002.
- LAMBERS, H., CHAPIM, F.S., PONS, T.L. Role in Ecosystem and Global Processes. In: : _____. **Plant Physiological Ecology**. 1ª ed. New York: Springer, 1998. 540p. MASON, C.F. Decomposição. São Paulo: EPU-EDUSP, 1980. 63 p.
- LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAN, F., BAROIS, I.; SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, v.25, p,130–150, 1993.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2007.
- MASON, C.F. **Decomposição**. São Paulo: EPU-EDUSP, 1980. 63 p.

MEGURO, M.; VINUEZA, G.N.; DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária – São Paulo. III – Decomposição do material foliar e liberação dos nutrientes minerais. **Boletim de Botânica**, v.8, p.7-20, 1980.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Berna: International Potash Institute. 687p. 1987.

MORAES, R.M.; DELITTI, W.B.; STRUFFALDI-DE-VUONO, Y. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forest. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, n.1, p.9-16, 1999.

NEGRETE-YANKELEVICH, S., FRAGOSO, C., NEWTON, A.C., RUSSEL, G., HEAL, O.W., 2008a. Decomposition and macroinvertebrates in experimental litter along a secondary chronosequence of tropical montane forest. **Biology and Fertility of Soils**. v. 44, p. 853-861.

OGAWA, H. Litter production and carbon cycling in Pasoh Forest. **Malayan Nature Journal**, v.30, p.367-373, 1978.

OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v.44, n.2, p.322-331, 1963.

O'CONNELL, A.M.; SANKARAN, K.V. Organic matter accretion, decomposition and mineralization. In: NAMBIAR, E.K.S.; BROWN, A.G. (Ed.) **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests**. Canberra: ACIAR Australia/CSIRO, 1997. p.443-480.

PAULA, R.R.; PEREIRA, M.G.; MENEZES, L.F.T. Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em tres fragmentos florestais periodicamente inundados na Ilha de Marambaia, RJ. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v.19; p. 139-148, 2009.

POGGIANI, F. **Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas**. In: Congresso Nacional de Essências Nativas, 2., 1992, São Paulo. Anais...São Paulo, 1992. p.734-739.

PRESCOTT, C. Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? **Forest Ecology and Management**, v.220, p.66-74, 2005.

SANCHES, L.; VALENTINE, C. M.A.; BIUDES, M.S.; NOGUEIRA, J.S. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serapilheira em Floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.13, n.2, p.183-189, 2009.

SCHMIDT, P.; DICKOW, K.M.C.; ROCHA, A.A.; MARQUES, R.; SCHEUERMANN, L.; RÖMBKE, J.; FÖRSTER, B.; HÖFER, H. Soil macro fauna and decomposition rates in Southern Brazilian Atlantic Rainforests. **Ecotropica**, v 14, p.89-100, 2008.

SPAIN, A.V. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical australian rain forests. **Journal of Ecology**, v.72, n.3, p.947-961, 1984.

SWIFT, M.J.; ANDERSON, J.M. Decomposition. In: LIETH, H.; WERGER, M.J.A. (Ed.). Tropical Rain Forest Ecosystems: structure and function. Biogeographical and ecological studies 14B. Amsterdam: Elsevier. p.547-569., 1989.

SPURR, S.H., BARNES, B.V. **Forest Ecology**. 3.Ed. New York:Wiley, 1980. 690p.

TOWNSEND, A.R.; ASNER, G.P.; CLEVELAND, C.C.; The biogeochemical heterogeneity of tropical forests. **Ecology and Evolution**. V. 23 n..8. p. 424-434. 2008.

VARJABEDIAN, R.; PAGANO, S. N. Produção e decomposição de folheto em um trecho de Mata Atlântica de Encosta no município de Guarujá, SP. **Acta Botânica Brasileira**, v.1, n.2. p.243-256, 1988

VITOUSEK, P.M.; SANFORD JR., R.L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.17, p.137-167, 1986.

VITOUSEK, P.M.; MATSON, P.A.; Van Cleve, K. Nitrogen availability and nitrification during succession: primary, secondary, and old-field seres. **Plant and Soil**, 115, 229-239. 1989.

WALL, D., MOORE, J., 1999. Interactions underground, soil biodiversity mutualism and ecosystems processes. **BioScience** 49 (2), 108–117.

WISNIEWSKI, C.; ZILLER, S. R.; CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. F.; TREVISAN, E.; SOUZA, J. P. **Caracterização do ecossistema e estudo das relações solo cobertura vegetal em planície pleistocênica do litoral paranaense**. Curitiba: Ed. Imprensa da UFPR, 1997. (Projeto integrado do CNPq).

CAPITULO III MINERALIZAÇÃO DE NITROGÊNIO DO SOLO SOB FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DA FLORESTA ATLÂNTICA NO PARANÁ.

1. INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS) é a principal fonte de nitrogênio para as culturas, sendo que 95% deste elemento encontra-se indisponível para as plantas sob formas orgânicas reduzidas (CAMARGO *et al.*, 1999). O entendimento da dinâmica da MOS leva à compreensão dos processos de decomposição e liberação dos nutrientes ao solo (GUIMARÃES *et al.*, 2012).

A decomposição e mineralização da matéria orgânica transformam o N orgânico em amônio e posteriormente em nitrato (Scivittaro e Machado, 2004), sendo o nitrato a forma predominante, decorrente da nitrificação no solo (SORREANO *et al.*, 2012). A disponibilidade do nitrogênio se deve, dentre outros fatores, à quantidade de MOS no solo (Amado *et al.*, 2001), às características dos resíduos vegetais (Trinsoutrot *et al.*, 2000), ao manejo do solo adotado (Kristensen *et al.*, 2003), ao tipo de solo (Thomsen *et al.*, 2000), à umidade, à aeração e à temperatura do solo (SIERRA e MARBÁ, 2000).

A mineralização mais rápida do N orgânico adicionado ao solo tem sido atribuída mais à labilidade e recalcitrância do que especificamente à estrutura dos compostos, uma vez que as formas recém- adicionadas de N orgânico e as recém- imobilizadas são rapidamente convertidas nas formas presentes na matéria orgânica do solo (ZECH *et al.*, 1997). Além do caráter lábil ou recalcitrante do N orgânico, outros fatores como condições edáficas e climáticas e atividade microbiana alteram a capacidade intrínseca de cada solo de fornecer N inorgânico para as plantas (CAMARGO *et al.*, 1997; RHODEN *et al.*, 2006).

As diferentes classes de solos possuem características muito distintas de disponibilização de N através da mineralização, dependendo das características químicas, físicas e microbiológicas. Entre os fatores que influenciam a quantidade de N mineralizado no solo em determinado período de tempo estão temperatura,

umidade, aeração, quantidade e natureza do material orgânico presente (MARY *et al.*, 1996; CAMARGO *et al.*, 1997; SERRANO e GONÇALVES, 1997).

A taxa de mineralização, assim como o potencial nitrogênio mineralizável, são índices muito utilizados para a determinação da disponibilidade de nitrogênio (STANFORD e SMITH, 1972; CAMARGO *et al.*, 1997; CAMARGO *et al.*, 1999), onde o potencial de mineralização é a fração de nitrogênio do solo que está suscetível à mineralização e a taxa de mineralização diz respeito à velocidade com que o nitrogênio é mineralizado (CAMARGO *et al.*, 1997).

As estimativas de determinação do nitrogênio mineralizável tem sido alvo de muitos estudos, desde 1972 com o modelo proposto por Stanford e Smith (1972), para estimar a taxa de mineralização de nitrogênio. Para a determinação da capacidade de mineralização do N, o solo é incubado em temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes padronizadas, onde o N inorgânico é liberado e determinado em extratos obtidos por percolação ou agitação de amostras com solução salina (WANG *et al.*, 2003).

Os métodos de curta duração são muito utilizados como índices de disponibilidade de N para as plantas e ainda como padrões de referência para métodos químicos (KEENEY e BREMNER, 1966; GIANELLO & BREMNER, 1986; CANTARELLA *et al.*, 1994). Estes métodos são mais simples, rápidos e com custos menores comparando com os de longa duração (BOEIRA e MAXIMILIANO, 2004).

No entanto, experimentos realizados em laboratório podem não avaliar o efeito das condições ambientais, quanto à disponibilidade de N (GONÇALVES *et al.*, 2008), porém são métodos que podem vir a contribuir para a comparação da mineralização da serapilheira entre diferentes espécies florestais, o que a campo não poderia ser avaliada (Binkley e Hart, 1989; Gonçalves *et al.*, 2001, 2008; Lamb, 1980), em função da interferência de outras variáveis ambientais.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar a dinâmica de mineralização do nitrogênio no solo em florestas secundárias com estrutura e composição florística distintas e caracterizar o efeito da idade da floresta e das estações do ano sobre o N mineralizado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização da área de estudos, como: localização geográfica, tipo de solos, vegetação e florística, clima e geomorfologia já discutido no MATERIAL E MÉTODOS GERAL desta tese.

2.1 Ensaio de mineralização

Para o ensaio de mineralização do nitrogênio (N) (figura 31) sob condições anaeróbicas, utilizou-se o método descrito por Waring e Bremner (1964), segundo a metodologia adaptada de Gonçalves *et al.*(2001). Para as coletas e preparo das amostras realizou-se uma adaptação do procedimento realizado por Jussy(1998).

As coletas ocorreram nas seguintes estações: verão/2013, inverno/2013, verão/2014 e inverno/2014, compondo desta maneira quatro ensaios.

No campo (Figura 33), foram coletadas cinco amostras aleatórias de solo para cada um dos sítios, na profundidade de 0-5 cm, as quais foram passadas em peneiras de 4 mm de malha, ainda no campo. Com um cachimbo de PVC (10 cm³), retirou-se duas sub-amostras, uma para determinação da umidade de campo e outra para o ensaio de mineralização. Esta última foi colocada em tubo de centrífuga contendo 30 mL de solução extratora de KCl 2 mol.L⁻¹. As amostras foram então encaminhadas ao Laboratório de Biogeoquímica (LAB), ao final do período de coletas.

No laboratório, 24 horas após as coletas no campo, realizou-se a primeira extração das alíquotas. Para tanto, num primeiro momento, as amostras foram agitadas por 45 minutos e centrifugadas por 10 minutos a uma velocidade de 2500

rpm. As amostras foram então filtradas utilizando filtro de filtragem rápida, previamente preparados com uma lavagem com 20 mL de KCl 2 mol.L⁻¹ e 3 lavagens consecutivas de 20 mL de H_2O deionizada, para eliminar resíduos de amônio e nitrato que pudessem contaminar as amostras. Essa extração inicial foi denominada de ponto zero.

Para a realização da incubação, em cada tubo, foram adicionados 30 mL de solução nutritiva contendo Na_3PO_4 (0,005 mol.L⁻¹), MgSO_4 (0,002 mol.L⁻¹) e CaCl_2 (0,005 mol.L⁻¹). Em seguida, eles foram agitados manualmente para dispersão do solo e levados para incubadora, onde permaneceram a uma temperatura de 30°C.



FIGURA 31. ILUSTRAÇÃO DA COLETA DO SOLO, AGITAÇÃO E CENTRIFUGAÇÃO DOS TUBOS CONTENDO A SOLUÇÃO EXTRATORA DE KCl 2 MOL L⁻¹, E APÓS ADIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA O ENSAIO DE MINERALIZAÇÃO ANAERÓBICA EM LABORATÓRIO. FONTE: O AUTOR.

Passados 15 dias de incubação, realizou-se a segunda extração, e assim prosseguiram-se as demais extrações em intervalos de 15 dias entre as mesmas até 45 dias de incubação. Para as respectivas extrações foi adicionado, na solução nutritiva de cada tubo, 5,2 g de KCl (sal anidro), para obter uma concentração de 2 mol.L^{-1} de KCl. Os tubos passaram por uma agitação e centrifugação, exatamente como foi descrito para o ponto zero.

A determinação do N mineral (N-NH_4^+ e N-NO_3^-) foi realizada com a solução sobrenadante filtrada. Nitrito não foi analisado e nitrato + nitrito foi considerado como N-NO_3^- , uma vez que essa forma é predominante em solos Florestais (VILLELA e PROCTOR, 1996).

A determinação do nitrato se deu pelo método adaptado de Heinzmann *et al.* (1984), pela determinação por UV a 210 nm, com a redução química do nitrato utilizando-se zinco metálico.

A preparação das amostras para leitura de nitrato ocorreu com a diluição de 5 mL da solução estoque em 0,8 mL de H_2SO_4 em um frasco de 10 mL completando com água deionizada para completar volume de 10 mL. A leitura foi feita a 210 nm em espectrofotômetro Shimadzu UV Mini 1240. Em duplicata de cada amostra, foram adicionados 0,1 g de zinco metálico para a redução do nitrato. Após 24 horas de reação, a leitura foi realizada na duplicata. A diferença dos valores de leitura nas amostras, com e sem zinco metálico, expressa o teor de nitrato na solução extratora.

O amônio foi determinado pelo método de determinação em extrato aquoso, descrito em APHA (1995). O amônio foi determinado a partir da diluição de 1 ml ou 5 ml do extrato (essa quantidade varia dependendo da concentração de amônio na amostra entre uma extração e outra) em 0,2 mL de solução alcoólica de fenol, 0,2 mL de solução de nitroprussiato sódico, 0,5 mL de solução oxidante, sendo completado o volume de 10 mL com água deionizada.

Aguardou-se 1 hora para o desenvolvimento da cor azul antes de submetê-las à leitura no espectrofotômetro Shimadzu UV Mini 1240, em comprimento de onda de 640 nm.

O valor do nitrogênio mineral acumulado foi calculado pela soma dos valores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- obtidos das análises dos extratos salinos, realizadas a cada 15 dias.

2.2 Análises estatísticas

Para a análise estatística, foi utilizado o *software* Statgraphics® testando a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. A partir da normalidade, os dados foram submetidos à ANOVA fatorial, sendo o primeiro fator formado pelo estágio sucessional com 3 níveis (INI, MED, AVA); e as estações do ano com 4 níveis (verão 2013 – inverno 2013 – verão 2014 – inverno 2014). Em seguida, as médias foram comparadas entre si pelo teste de LSD com probabilidade de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Mineralização do Nitrogênio

A dinâmica da mineralização, ao longo dos dias de incubação está representada na figura 32, onde todos os estágios sucessionais estudados apresentaram o mesmo comportamento com um pico máximo de liberação do nitrogênio aos 15 dias e um decréscimo gradual até os 45 dias. O pico de liberação do N-mineral nas primeiras semanas de incubação, ocorre em função da maior facilidade de decomposição (GONÇALVES et al., 2001; WANG *et al.* , 2003; RHODEN *et al.* , 2006) além de estar associada a maior labilidade e menor recalitrância do material do que a própria estrutura química (Yagi, R. et al, (2009).

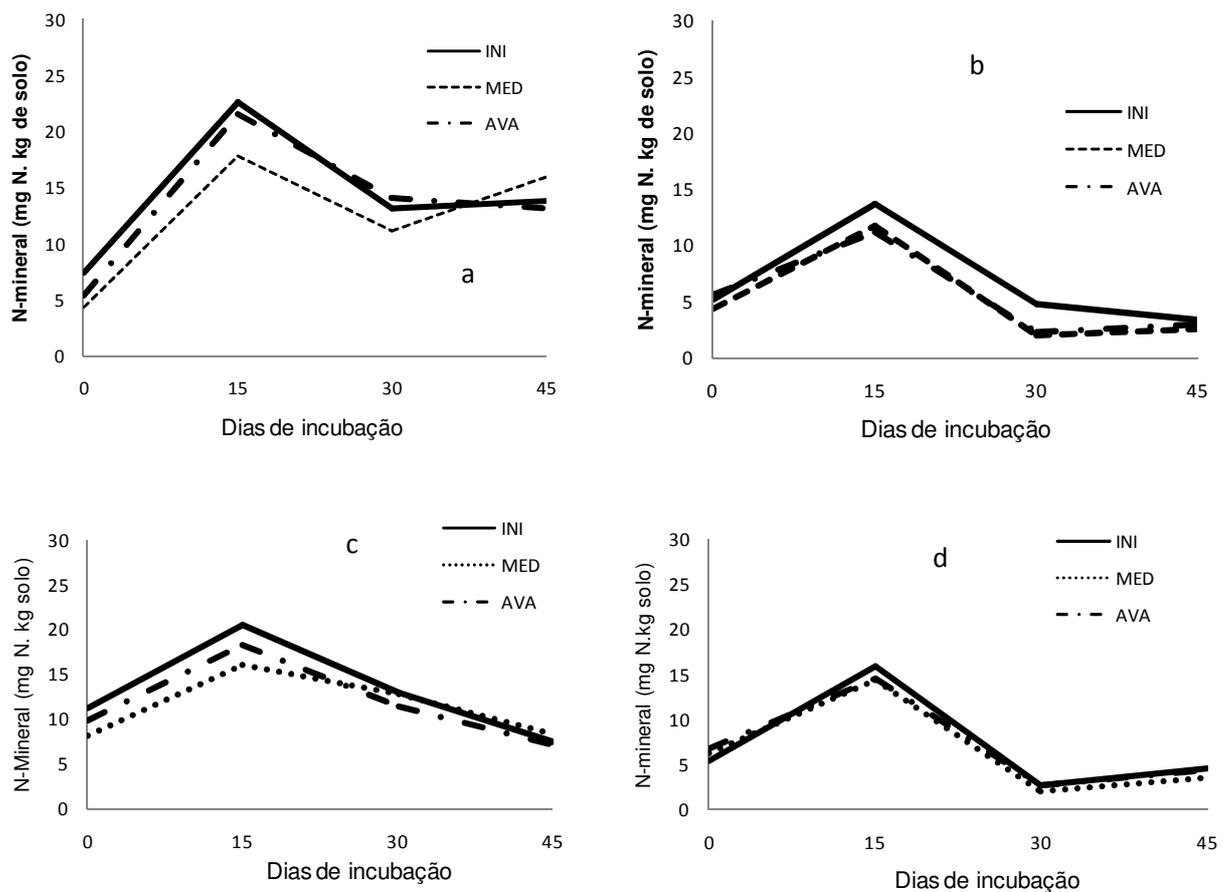


FIGURA 32. COMPORTAMENTO DA MINERALIZAÇÃO DE NITROGÊNIO (A-VERÃO DE 2013; B-INVERNO DE 2013, C-VERÃO 2014; D-INVERNO 2014), NOS 3 ESTÁGIOS SUCESSIONAIS, EM UM PERÍODO DE 0 A 45 DIAS DE INCUBAÇÃO EM ANTONINA, PR. FONTE: O AUTOR.

Outros autores também verificaram os picos de liberação no N-Mineral nas primeiras semanas, sendo que a partir da terceira semana esses valores reduziram até a estabilização (POTTKER e TEDESCO, 1979; CAMARGO *et al.*, 1997; RODHEN *et al.*, 2006). Já em sistemas florestais e em solos de várzea encontraram estabilização a partir de oito semanas (RHODEN *et al.*, 2006). Biesek (2012), comparando diferentes sistemas de uso do solo, encontrou a estabilidade depois de nove semanas.

O comportamento do nitrogênio mineral acumulado foi caracterizado pelos estágios sucessionais não apresentarem diferenças significativas entre si nos diversos ensaios realizados. Observa-se, entretanto, que os valores tetos tendem a se diferenciar no verão e não no inverno, com o estágio INI mostrando maiores

valores de nitrogênio mineral acumulado ao longo do processo de incubação (figura 33).

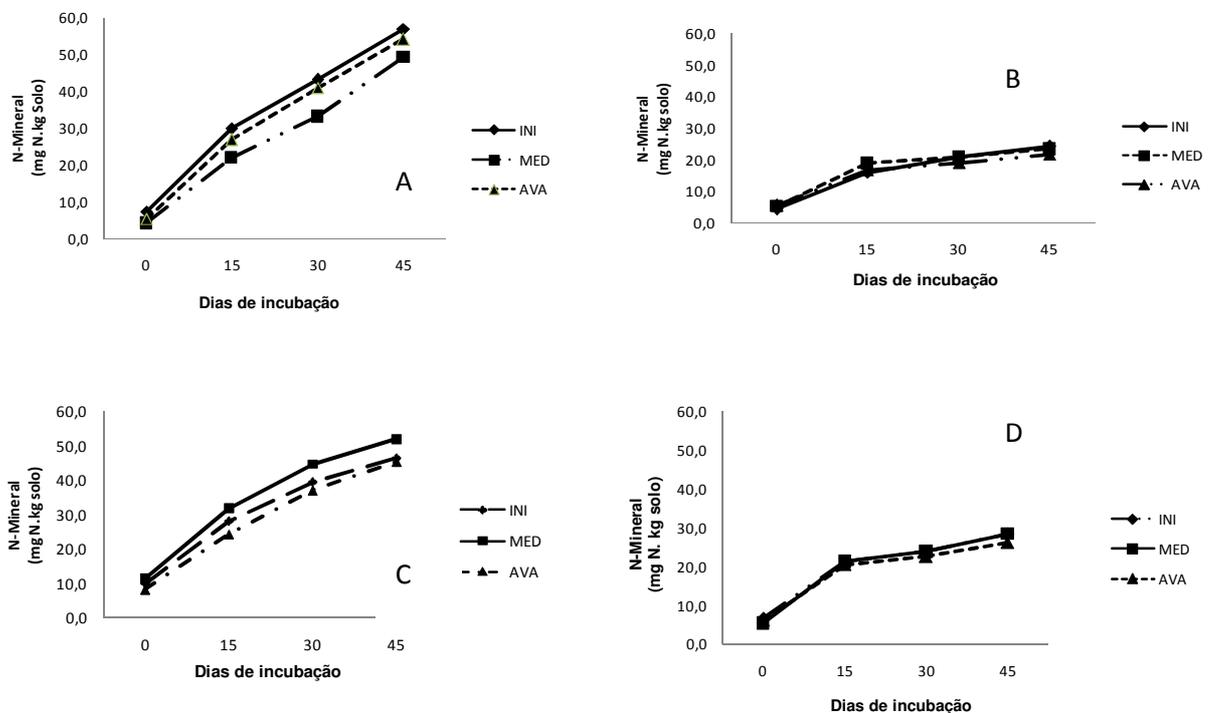


FIGURA 33. NITROGÊNIO MINERAL ACUMULADO (A-VERÃO DE 2013; B-INVERNO DE 2013, C-VERÃO 2014; D-INVERNO 2014)AO LONGO DO PERÍODO DE 45 DIAS DE INCUBAÇÃO DOS SOLOS EM AREAS DE SUCESSÃO FLORESTAL (INI, MED E AVA) EM ANTONINA, PR. FONTE: O AUTOR.

Pulito (2009) relata que as temperaturas, assim como as precipitações mais altas, encontradas nos verões possuem efeito sob a mineralização do nitrogênio. Segundo este autor, quando se coletam amostras de solos no verão há uma relação maior com a população microbiana, se compararmos ao inverno. Este fato pode contribuir para uma taxa de mineralização mais alta, demonstrando que fatores climáticos influenciam na disponibilidade de nitrogênio para as plantas. Fato que pode ser verificado na figura 34, a qual representa a relação da temperatura e precipitação com o N mineralizado nos diferentes estágios sucessionais. Os valores mais elevados de N foram observados para as coletas de verão, época do ano onde se observam os maiores valores de precipitação e de temperatura nas áreas deste estudo.

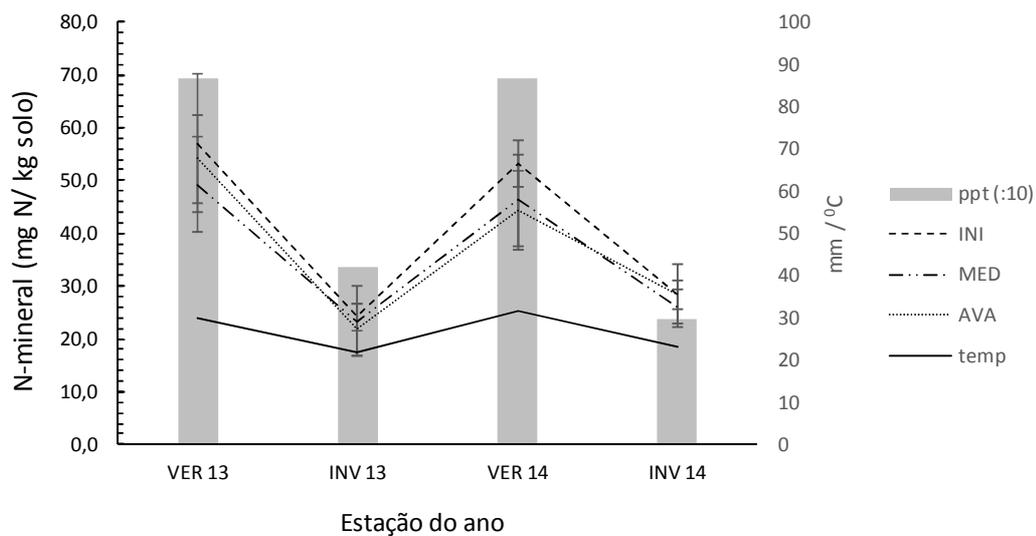


FIGURA 34. RELAÇÃO ENTRE DADOS CLIMÁTICOS (TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO) COM A MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO E AS ESTAÇÕES DOS ANOS DE 2013 E 2014. FONTE: O AUTOR.

Estudos mostram que a mineralização do nitrogênio é maior em condições de temperaturas altas e maiores pluviosidades, (GONÇALVES *et al.* 2001; PULITO 2009). Blum (2014), ao trabalhar em área Florestal em Rio Negro-PR, observou que o nitrogênio mineralizável foi menor no inverno em relação ao verão, justificando os resultados também às bixas temperaturas e umidade características daquela estação do ano. Sendo assim, no momento da coleta, a baixa umidade do solo, associada às temperaturas mais baixas, parece ter condicionado uma menor população microbiana presente nas amostras de solo coletadas; que por sua vez refletiram em menores valores de N mineralizado nos ensaios de incubação.

4.CONCLUSÕES

O processo de mineralização do N do solo, nos sítios em estudo, se caracterizou por uma elevada produção de N inorgânico aos 15 dias, seguida de um decréscimo tendendo a estabilidade, no período subsequente, indicando diferentes velocidades na disponibilização de N na camada superficial do solo.

A quantidade de nitrogênio mineralizado não mostra relação com o tipo de floresta, mas sim com a condição climática durante o ano, onde nos verões a mineralização é maior que nos invernos, refletindo a importância da umidade na mineralização do N do solo.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.189-197, 2001.

APHA, A. E. G.; AWWA, A. D. E.; WEF, L. S. C. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington D. C.; American Public Health Association, 1995.

BIESEK, M.F. Indicadores químicos e microbiológicos da qualidade do solo em agrossistemas e sistemas nativos na região dos Campos Gerais, castro, PR. 55 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BLUM, H. Caracterização biogeoquímica da Serapilheira e da matéria orgânica do solo sob plantios com diferentes espécies florestais em Rio Negro-PR. 124 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014

BOEIRA, R.C. & MAXIMILIANO, V.C.B. Determinação da fração de mineralização de nitrogênio de lodos de esgoto:Um método alternativo. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2004. 3p. **(Comunicado Técnico, 13)**.

BINKLEY, D.; HART, S.C. **The components of nitrogen availability assessments in Forest soils**. Advances in Soil Science, Bushland, v.10, p 57-112, 1989.

CAMARGO, F.A. *et al.* Nitrogênio orgânico do solo. In: CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, F.A. (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.117-137.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C. & VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 21:575-579, 1997.

CANTARELLA, H.; MATTOS Jr., D. & RAIJ, B.van. Lime effect on soil N forest available indexes as measured by plant uptake. Com. **SoilSci. Plant Anal.**, 25:989-1006, 1994.

GIANELLO, C. & BREMNER, J.M. Comparison of chemical assessing potentially forest available organic nitrogen in soil. Com. **Soil Sci. Plant Anal.**, 17:215-236, 1986.

GONÇALVES, J.L.M.; MENDES, K.C.F.S.; SASAKI, C.M. Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 601-616, 2001.

GONÇALVES, J.L.M.; ICHERT, M.C.P.; GAVA, J.L.; SERRANO, M.I.P. **Soil fertility and growth of Eucalyptus grandis in Brazil under different residue management practices**. In: NAMBIAR, E.K. (Ed.). Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests. Bogor: Cifor, 2008, p. 51-62.

GUIMARAES, D. V.; GONZAGA, M. I. S.; NETO, J. O.; REIS, A. F.; LIMA, T. S., SANTANA, I. L. **Qualidade da Matéria Orgânica do Solo e Estoques de Carbono e Nitrogênio em Fragmento de Mata Atlântica do Município de Neópolis**, Sergipe 2012.

HEINZMANN, F.X.; MIYAZAVA, M.; PAVAN, M.A. Determinação de nitrato por espectrofotometria de absorção ultravioleta. **R. Bras. Ci. Solo**, 8: 159-163, 1984.

JUSSY, J-H. Minéralisation de l'azote et nitrification dans les écosystèmes forestiers : effet du type de sol et de l'essence forestière. 156f. **(Tese de Doutorado)**, Université Henri Poincaré, Nancy, 1998.

KEENEY, D.R. & BREMNER, J.M. Comparison and evaluation of laboratory methods of obtaining an index of soil nitrogen forest availability. **Agron. J.**, 58:498-503, 1966.

KRISTENSEN, H.L.; DEBOSZ, K; McCARTY, G.W. Short-term effects of tillage on mineralization of nitrogen and carbon in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v.35, p.979-986, 2003.

LAMB, D. **Soil nitrogen mineralization in a secondary rainforest succession**. *Oecologia*, 47:257-263, 1980.

MARY, B.; RECOUS, S.; DARWIS, D.; ROBIN, D. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. **Plant&Soil**, v.181, p.71-82, 1996.

PÖTTKER, D.; TEDESCO, M.J. Efeito do tipo e tempo de incubação sobre a mineralização da matéria orgânica e nitrogênio total em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.20-24, 1979.

PULITO, A.P. Resposta à fertilização nitrogenada e estoque de nitrogênio biodisponível em solos usados para plantações de Eucalyptus. 58p. **Dissertação**, (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

RODHEN, A.C.; SILVA, L.S.; AMARGO, F.A.de I.; BRITZKE, D.; E.L BENEDETTI,. Mineralização anaeróbica do nitrogênio em solos de várzea do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p.1780-1787, nov-dez, 2006.

SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Org.). Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2004. cap. 9, p. 259-303.

SERRANO, M. I. P.; GONÇALVES, J.L.M. Mineralização, absorção e lixiviação de nitrogênio em povoamentos de *Eucalyptus grandis* sob cultivo mínimo e intensivo do solo. **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP**, 1997.

SIERRA, J.; MARBÁN, L. Nitrogen Mineralization Pattern of an Oxisol of Guadeloupe, French West Indies **Soil Science Society of American Journal**, v.64, p.2002-2010, 2000.

SORREANO, M.C.M.; RODRIGUES, R.R.; BOARETTO, A.E. **Guia de nutrição para espécies Florestais nativas**. Ed. Oficinas de texto. São Paulo, 2012. 254p.

STANFORD, G.; SMITH, S.J. Nitrogen mineralization potentials of soil. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 36, p. 465-472, 1972.

THOMSEN, I.K.; OLESEN, J.E.; SCHJØNNING, P.; JENSEN, B.; CHRISTENSEN, B.T. Net mineralization of soil N and 15N-ryegrass residue in differently textured soils of similar mineralogical composition. **Soil Biology & Biochemistry**, v.33, p.277-285, 2000.

TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, M.; CHÈNEBY, D.; NICOLARDOT, B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetic under nonlimiting nitrogen conditions. **Soil Science Society of American Journal**, v.64, p.918-926, 2000.

VILLELA, D. M; PROCTOR, J. Mineralização de nitrogênio e nitrificação nos solos de uma floresta monodominante na Amazônia, Ilha de Maracá, RR, Brasil. **Geochimic Brasiliensis**, v. 10(2). p. 335-345, 1996.

WANG, W.J.; SMITH, C.J. & CHEN, D. Towards a standardized procedure for determining the potentially mineralisable nitrogen of soil. **Biol. Fert. Soils**, 37:362-374, 2003.

YAGI, R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.da.; BARBOSA, J.C. Mineralização potencial e líquida de nitrogênio em solos & José Carlos Barbosa. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, 33:385-394, 2009.

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGEMBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A. & SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, 79:117-161, 1997.

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 . ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMÍNIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO FOLHAS RECEM CAIDAS (L) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.....	106
APÊNDICE 2. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMÍNIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (F) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.....	110
APÊNDICE 3. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMÍNIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO GALHOS (G) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.....	115
APÊNDICE 4. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMÍNIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO MISCELÂNEA (M) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.....	119
APÊNDICE 5. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS ESTOQUES MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMÍNIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO FOLHAS RECEM CAIDAS (L) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.....	124
APÊNDICE 6. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS ESTOQUES MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMÍNIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (F) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.....	128
APÊNDICE 7. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS ESTOQUES MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMÍNIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO GALHOS (G) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.....	132
APÊNDICE 8. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS ESTOQUES MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMÍNIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO MISCELÂNEA (M) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.....	136
APÊNDICE 9. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MACRO E SÓDIO (N, P, K, Ca, Mg), NO MATERIAL REMANESCENTE AO LONGO DE 310 DIAS EM QUE PERMANECERAM NO CAMPO, EM ANTONINA, PR.....	147
APÊNDICE 9. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MICRO ELEMENTOS (Mn, Cu, Fe, Zn)), NO MATERIAL REMANESCENTE AO LONGO DE 310 DIAS EM QUE PERMANECERAM NO CAMPO, EM ANTONINA, PR.....	148

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMINIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO FOLHAS RECEM CAIDAS (L) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.

Anova da Fitomassa

Analysis of Variance for fitomassa _kg_há_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	206318,0	3	68772,5	5,10	0,0072
B:FASE	12490,5	2	6245,23	0,46	0,6348
INTERACTIONS					
AB	29347,9	6	4891,32	0,36	0,8952
RESIDUAL	323612,0	24	13483,8		
TOTAL (CORRECTED)	571768,0	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Carbono

Analysis of Variance for C _g_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	143,524	3	47,8414	0,18	0,9068
B:FASE	621,095	2	310,547	1,19	0,3220
INTERACTIONS					
AB	2505,06	6	417,51	1,60	0,1911
RESIDUAL	6271,72	24	261,322		
TOTAL (CORRECTED)	9541,4	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Nitrogênio

Analysis of Variance for N - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	5,44434	3	1,81478	0,29	0,8300
B:FASE	103,537	2	51,7687	8,36	0,0018
INTERACTIONS					
AB	44,9023	6	7,48372	1,21	0,3361
RESIDUAL	148,647	24	6,19363		
TOTAL (CORRECTED)	302,531	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Fósforo

Analysis of Variance for P - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,277337	3	0,0924455	1,58	0,2204
B:FASE	0,250042	2	0,125021	2,14	0,1401
INTERACTIONS					
AB	0,188051	6	0,0313419	0,54	0,7760
RESIDUAL	1,40519	24	0,0585497		
TOTAL (CORRECTED)	2,12062	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Potássio

Analysis of Variance for K - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	3,28551	3	1,09517	2,72	0,0671
B:FASE	0,831968	2	0,415984	1,03	0,3716
INTERACTIONS					
AB	0,595233	6	0,0992054	0,25	0,9562
RESIDUAL	9,67498	24	0,403124		
TOTAL (CORRECTED)	14,3877	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Calcio

Analysis of Variance for Ca - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	7,73611	3	2,5787	0,88	0,4656
B:FASE	33,0597	2	16,5298	5,64	0,0098
INTERACTIONS					
AB	33,2929	6	5,54882	1,89	0,1235
RESIDUAL	70,3754	24	2,93231		
TOTAL (CORRECTED)	144,464	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Magnésio

Analysis of Variance for Mg - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,0981637	3	0,0327212	0,37	0,7739
B:FASE	0,0520251	2	0,0260125	0,30	0,7466
INTERACTIONS					
AB	0,289303	6	0,0482172	0,55	0,7664
RESIDUAL	2,11063	24	0,0879429		
TOTAL (CORRECTED)	2,55012	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Sódio

Analysis of Variance for Na - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,214866	3	0,071622	1,63	0,2094
B:FASE	0,0445402	2	0,0222701	0,51	0,6092
INTERACTIONS					
AB	0,183104	6	0,0305173	0,69	0,6573
RESIDUAL	1,05646	24	0,0440193		
TOTAL (CORRECTED)	1,49897	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Alumínio

Analysis of Variance for Al - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,1158	3	0,371933	0,25	0,8573
B:FASE	4,61635	2	2,30817	1,58	0,2267
INTERACTIONS					
AB	2,28518	6	0,380863	0,26	0,9498
RESIDUAL	35,0659	24	1,46108		
TOTAL (CORRECTED)	43,0833	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Cobre

Analysis of Variance for Cu _mg_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	9,7168	3	3,23893	0,48	0,6973
B:FASE	30,082	2	15,041	2,24	0,1280
INTERACTIONS					
AB	41,5012	6	6,91687	1,03	0,4296
RESIDUAL	160,982	24	6,70759		
TOTAL (CORRECTED)	242,282	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Ferro

Analysis of Variance for Fe - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,50361E6	3	501203,0	0,51	0,6794
B:FASE	1,23569E6	2	617844,0	0,63	0,5420
INTERACTIONS					
AB	6,62562E6	6	1,10427E6	1,12	0,3788
RESIDUAL	2,35993E7	24	983306,0		
TOTAL (CORRECTED)	3,29643E7	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Manganês

Analysis of Variance for Mn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:FASE	230820,0	2	115410,0	2,89	0,0748
B:ESTAÇÃO	60815,8	3	20271,9	0,51	0,6802
INTERACTIONS					
AB	107314,0	6	17885,6	0,45	0,8388
RESIDUAL	956926,0	24	39871,9		
TOTAL (CORRECTED)	1,35588E6	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Zinco

Analysis of Variance for Zn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	34,7464	3	11,5821	0,33	0,8042
B:FASE	53,4404	2	26,7202	0,76	0,4787
INTERACTIONS					
AB	195,768	6	32,628	0,93	0,4930
RESIDUAL	844,101	24	35,1709		
TOTAL (CORRECTED)	1128,06	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMINIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (F) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.

Anova da fitomassa

Analysis of Variance for fitomassa _kg_há_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,34479E7	3	4,48262E6	6,52	0,0022
B:FASE	4,4624E6	2	2,2312E6	3,24	0,0566
INTERACTIONS					
AB	491075,0	6	81845,8	0,12	0,9931
RESIDUAL	1,65059E7	24	687744,0		
TOTAL (CORRECTED)	3,49072E7	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Carbono

Analysis of Variance for C _g_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	4413,45	3	1471,15	1,35	0,2833
B:FASE	6819,88	2	3409,94	3,12	0,0626
INTERACTIONS					
AB	3531,12	6	588,52	0,54	0,7739
RESIDUAL	26247,7	24	1093,65		
TOTAL (CORRECTED)	41012,2	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Nitrogênio

Analysis of Variance for N - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	11,1767	3	3,72556	1,47	0,2490
B:FASE	49,5261	2	24,763	9,74	0,0008
INTERACTIONS					
AB	48,5537	6	8,09228	3,18	0,0192
RESIDUAL	61,0175	24	2,5424		
TOTAL (CORRECTED)	170,274	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Fósforo

Analysis of Variance for P - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,162343	3	0,0541145	0,88	0,4641
B:FASE	0,296714	2	0,148357	2,42	0,1104
INTERACTIONS					
AB	0,219507	6	0,0365845	0,60	0,7300
RESIDUAL	1,47167	24	0,0613196		
TOTAL (CORRECTED)	2,15023	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Potássio

Analysis of Variance for K - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,28204	3	0,427345	1,83	0,1680
B:FASE	0,617309	2	0,308655	1,32	0,2847
INTERACTIONS					
AB	0,774546	6	0,129091	0,55	0,7621
RESIDUAL	5,59274	24	0,233031		
TOTAL (CORRECTED)	8,26663	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Calcio

Analysis of Variance for Ca - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	6,30771	3	2,10257	0,41	0,7470
B:FASE	24,7011	2	12,3506	2,41	0,1112
INTERACTIONS					
AB	29,7795	6	4,96325	0,97	0,4672
RESIDUAL	122,987	24	5,12444		
TOTAL (CORRECTED)	183,775	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Magnésio

Analysis of Variance for Mg - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,459564	3	0,153188	1,93	0,1521
B:FASE	0,115982	2	0,0579912	0,73	0,4925
INTERACTIONS					
AB	0,165343	6	0,0275572	0,35	0,9048
RESIDUAL	1,90741	24	0,0794756		
TOTAL (CORRECTED)	2,6483	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Sódio

Analysis of Variance for Na - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,189226	3	0,0630754	1,35	0,2830
B:FASE	0,0379551	2	0,0189775	0,40	0,6715
INTERACTIONS					
AB	0,209526	6	0,0349211	0,75	0,6189
RESIDUAL	1,12461	24	0,0468587		
TOTAL (CORRECTED)	1,56132	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Alumínio

Analysis of Variance for Al - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,643045	3	0,214348	0,61	0,6145
B:FASE	0,176049	2	0,0880244	0,25	0,7801
INTERACTIONS					
AB	0,610044	6	0,101674	0,29	0,9360
RESIDUAL	8,42095	24	0,350873		
TOTAL (CORRECTED)	9,85008	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova Relação C/N

Analysis of Variance for C_N - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	48,5555	3	16,1852	1,93	0,1516
B:FASE	36,2567	2	18,1284	2,16	0,1369
INTERACTIONS					
AB	60,0242	6	10,004	1,19	0,3433
RESIDUAL	201,189	24	8,38286		
TOTAL (CORRECTED)	346,025	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Cobre

Analysis of Variance for Cu _mg_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	61,9341	3	20,6447	4,70	0,0102
B:FASE	3,35658	2	1,67829	0,38	0,6867
INTERACTIONS					
AB	22,3165	6	3,71941	0,85	0,5473
RESIDUAL	105,5	24	4,39583		
TOTAL (CORRECTED)	193,107	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Ferro

Analysis of Variance for Fe - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	8,00601E6	3	2,66867E6	2,44	0,0888
B:FASE	815970,0	2	407985,0	0,37	0,6923
INTERACTIONS					
AB	3,51817E6	6	586362,0	0,54	0,7750
RESIDUAL	2,62216E7	24	1,09257E6		
TOTAL (CORRECTED)	3,85618E7	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Manganês

Analysis of Variance for Mn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	75261,6	3	25087,2	0,25	0,8573
B:FASE	26802,1	2	13401,1	0,14	0,8735
INTERACTIONS					
AB	676810,0	6	112802,0	1,14	0,3676
RESIDUAL	2,36526E6	24	98552,6		
TOTAL (CORRECTED)	3,14414E6	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do Zinco

Analysis of Variance for Zn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	180,165	3	60,0551	0,31	0,8145
B:FASE	193,117	2	96,5585	0,51	0,6092
INTERACTIONS					
AB	2022,08	6	337,013	1,77	0,1489
RESIDUAL	4579,3	24	190,804		
TOTAL (CORRECTED)	6974,65	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMINIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO GALHOS (G) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.

Anova da fitomassa

Analysis of Variance for fitomassa _kg_há_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	974674,0	3	324891,0	2,34	0,0990
B:FASE	230584,0	2	115292,0	0,83	0,4484
INTERACTIONS					
AB	1,76416E6	6	294027,0	2,12	0,0888
RESIDUAL	3,33606E6	24	139003,0		
TOTAL (CORRECTED)	6,30548E6	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do carbono

Analysis of Variance for C _g_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	109,684	3	36,5612	0,43	0,7347
B:FASE	627,481	2	313,741	3,67	0,0406
INTERACTIONS					
AB	449,247	6	74,8745	0,88	0,5265
RESIDUAL	2049,49	24	85,3955		
TOTAL (CORRECTED)	3235,9	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova da relação C/N

Analysis of Variance for C_N - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	159,426	3	53,1421	1,42	0,2616
B:FASE	310,559	2	155,279	4,15	0,0284
INTERACTIONS					
AB	119,655	6	19,9425	0,53	0,7780
RESIDUAL	898,637	24	37,4432		
TOTAL (CORRECTED)	1488,28	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do nitrogênio

Analysis of Variance for N - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	13,7178	3	4,57261	1,48	0,2438
B:FASE	29,7762	2	14,8881	4,83	0,0172
INTERACTIONS					
AB	11,6628	6	1,94381	0,63	0,7039
RESIDUAL	73,9098	24	3,07957		
TOTAL (CORRECTED)	129,067	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do fosforo

Analysis of Variance for P - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,386583	3	0,128861	1,12	0,3614
B:FASE	0,292662	2	0,146331	1,27	0,2991
INTERACTIONS					
AB	0,540716	6	0,0901194	0,78	0,5924
RESIDUAL	2,76618	24	0,115257		
TOTAL (CORRECTED)	3,98614	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do potassio

Analysis of Variance for K - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,229305	3	0,0764349	0,47	0,7071
B:FASE	0,0435173	2	0,0217587	0,13	0,8758
INTERACTIONS					
AB	1,01821	6	0,169702	1,04	0,4246
RESIDUAL	3,91699	24	0,163208		
TOTAL (CORRECTED)	5,20803	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do calcio

Analysis of Variance for Ca - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	10,9519	3	3,65062	0,55	0,6521
B:FASE	32,6104	2	16,3052	2,46	0,1065
INTERACTIONS					
AB	8,37348	6	1,39558	0,21	0,9699
RESIDUAL	158,904	24	6,621		
TOTAL (CORRECTED)	210,84	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do magnésio

Analysis of Variance for Mg - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,422693	3	0,140898	2,45	0,0883
B:FASE	0,583801	2	0,291901	5,07	0,0146
INTERACTIONS					
AB	0,786601	6	0,1311	2,28	0,0700
RESIDUAL	1,38166	24	0,0575691		
TOTAL (CORRECTED)	3,17475	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do sódio

Analysis of Variance for Na - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:FASE	0,0577294	2	0,0288647	0,62	0,5460
B:ESTAÇÃO	0,212102	3	0,0707005	1,52	0,2348
INTERACTIONS					
AB	0,190245	6	0,0317074	0,68	0,6659
RESIDUAL	1,11629	24	0,0465123		
TOTAL (CORRECTED)	1,57637	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do aluminio

Analysis of Variance for Al - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,268744	3	0,0895813	0,14	0,9322
B:FASE	2,21508	2	1,10754	1,79	0,1891
INTERACTIONS					
AB	2,74229	6	0,457049	0,74	0,6247
RESIDUAL	14,8762	24	0,619843		
TOTAL (CORRECTED)	20,1024	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do cobre

Analysis of Variance for Cu _mg_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	62,9281	3	20,976	2,35	0,0979
B:FASE	15,7167	2	7,85837	0,88	0,4279
INTERACTIONS					
AB	15,1014	6	2,51691	0,28	0,9400
RESIDUAL	214,433	24	8,93471		
TOTAL (CORRECTED)	308,179	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do ferro

Analysis of Variance for Fe - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	220776,0	3	73591,9	2,61	0,0747
B:FASE	5585,62	2	2792,81	0,10	0,9061
INTERACTIONS					
AB	187859,0	6	31309,8	1,11	0,3854
RESIDUAL	676667,0	24	28194,5		
TOTAL (CORRECTED)	1,09089E6	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do manganês

Analysis of Variance for Mn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	102762,0	3	34254,1	1,11	0,3648
B:FASE	242000,0	2	121000,0	3,92	0,0337
INTERACTIONS					
AB	227517,0	6	37919,4	1,23	0,3269
RESIDUAL	741145,0	24	30881,0		
TOTAL (CORRECTED)	1,31342E6	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do zinco

Analysis of Variance for Zn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	25,1862	3	8,39541	0,13	0,9416
B:FASE	250,94	2	125,47	1,94	0,1660
INTERACTIONS					
AB	221,016	6	36,836	0,57	0,7511
RESIDUAL	1554,73	24	64,7804		
TOTAL (CORRECTED)	2051,87	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMÍNIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO MISCELÂNEA (M) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.

Anova da fitomassa

Analysis of Variance for fitomassa _kg_há_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	2,4728E6	3	824266,0	2,65	0,0718
B:FASE	2,38191E6	2	1,19095E6	3,83	0,0361
INTERACTIONS					
AB	1,09936E6	6	183227,0	0,59	0,7359
RESIDUAL	7,46797E6	24	311166,0		
TOTAL (CORRECTED)	1,3422E7	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do carbono

Analysis of Variance for C _g_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	35450,8	3	11816,9	4,47	0,0125
B:FASE	1554,21	2	777,105	0,29	0,7481
INTERACTIONS					
AB	22138,8	6	3689,8	1,40	0,2571
RESIDUAL	63479,5	24	2644,98		
TOTAL (CORRECTED)	122623,0	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do nitrogênio

Analysis of Variance for N - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	49,0534	3	16,3511	2,11	0,1255
B:FASE	30,3456	2	15,1728	1,96	0,1631
INTERACTIONS					
AB	65,6983	6	10,9497	1,41	0,2505
RESIDUAL	186,002	24	7,75007		
TOTAL (CORRECTED)	331,099	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do fosforo

Analysis of Variance for P - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,441433	3	0,147144	2,11	0,1251
B:FASE	0,416315	2	0,208158	2,99	0,0693
INTERACTIONS					
AB	0,469757	6	0,0782928	1,12	0,3781
RESIDUAL	1,67122	24	0,0696341		
TOTAL (CORRECTED)	2,99872	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do potássio

Analysis of Variance for K - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,693868	3	0,231289	1,16	0,3438
B:FASE	1,52979	2	0,764897	3,85	0,0354
INTERACTIONS					
AB	1,13641	6	0,189402	0,95	0,4766
RESIDUAL	4,76697	24	0,198624		
TOTAL (CORRECTED)	8,12704	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do calcio

Analysis of Variance for Ca - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	33,6884	3	11,2295	1,47	0,2488
B:FASE	65,5817	2	32,7908	4,28	0,0257
INTERACTIONS					
AB	34,4403	6	5,74004	0,75	0,6159
RESIDUAL	183,848	24	7,66032		
TOTAL (CORRECTED)	317,558	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do magnésio

Analysis of Variance for Mg - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,21216	3	0,404054	3,71	0,0252
B:FASE	0,0505531	2	0,0252766	0,23	0,7946
INTERACTIONS					
AB	0,81613	6	0,136022	1,25	0,3171
RESIDUAL	2,61302	24	0,108876		
TOTAL (CORRECTED)	4,69187	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do sodio

Analysis of Variance for Na - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,187154	3	0,0623848	1,34	0,2845
B:FASE	0,0516842	2	0,0258421	0,56	0,5810
INTERACTIONS					
AB	0,2218	6	0,0369666	0,79	0,5833
RESIDUAL	1,11648	24	0,0465201		
TOTAL (CORRECTED)	1,57712	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do aluminio

Analysis of Variance for Al - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,03053	3	0,343512	0,85	0,4784
B:FASE	2,20073	2	1,10037	2,73	0,0851
INTERACTIONS					
AB	8,29733	6	1,38289	3,44	0,0136
RESIDUAL	9,65725	24	0,402385		
TOTAL (CORRECTED)	21,1858	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do cobre

Analysis of Variance for Cu _mg_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	38,4289	3	12,8096	2,09	0,1275
B:FASE	60,9815	2	30,4908	4,99	0,0154
INTERACTIONS					
AB	33,7627	6	5,62712	0,92	0,4978
RESIDUAL	146,748	24	6,1145		
TOTAL (CORRECTED)	279,921	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do ferro

Analysis of Variance for Fe - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,72446E7	3	5,74821E6	1,90	0,1571
B:FASE	1,62039E7	2	8,10197E6	2,67	0,0895
INTERACTIONS					
AB	2,04649E7	6	3,41081E6	1,13	0,3775
RESIDUAL	7,27352E7	24	3,03063E6		
TOTAL (CORRECTED)	1,26649E8	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do manganês

Analysis of Variance for Mn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	111098,0	3	37032,8	0,98	0,4171
B:FASE	80909,9	2	40455,0	1,07	0,3574
INTERACTIONS					
AB	446856,0	6	74476,0	1,98	0,1088
RESIDUAL	903718,0	24	37654,9		
TOTAL (CORRECTED)	1,54258E6	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do zinco

Analysis of Variance for Zn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	272,887	3	90,9625	2,33	0,1001
B:FASE	126,608	2	63,304	1,62	0,2190
INTERACTIONS					
AB	391,615	6	65,2692	1,67	0,1720
RESIDUAL	938,553	24	39,1064		
TOTAL (CORRECTED)	1729,66	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS ESTOQUES MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMINIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO FOLHAS RECEM CAIDAS (L) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.

Anova da fitomassa

Analysis of Variance for fitomassa _kg_há_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,01166E6	3	337220,0	3,80	0,0231
B:FASE	52170,8	2	26085,4	0,29	0,7478
INTERACTIONS					
AB	2,33667E6	6	389444,0	4,39	0,0039
RESIDUAL	2,1278E6	24	88658,4		
TOTAL (CORRECTED)	5,5283E6	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do carbono

Analysis of Variance for C _g_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,0390306	3	0,0130102	6,21	0,0028
B:FASE	0,00346667	2	0,00173333	0,83	0,4492
INTERACTIONS					
AB	0,00771111	6	0,00128519	0,61	0,7172
RESIDUAL	0,0502667	24	0,00209444		
TOTAL (CORRECTED)	0,100475	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do nitrogênio

Analysis of Variance for N - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	46,5779	3	15,526	4,31	0,0145
B:FASE	48,3412	2	24,1706	6,71	0,0049
INTERACTIONS					
AB	19,99	6	3,33167	0,92	0,4951
RESIDUAL	86,4895	24	3,60373		
TOTAL (CORRECTED)	201,399	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do fosforo

Analysis of Variance for P - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,155844	3	0,0519481	2,63	0,0733
B:FASE	0,09125	2	0,045625	2,31	0,1210
INTERACTIONS					
AB	0,0418389	6	0,00697315	0,35	0,9012
RESIDUAL	0,474267	24	0,0197611		
TOTAL (CORRECTED)	0,7632	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do potassio

Analysis of Variance for K - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	2,62983	3	0,87661	5,03	0,0076
B:FASE	0,0548389	2	0,0274194	0,16	0,8554
INTERACTIONS					
AB	0,253428	6	0,042238	0,24	0,9578
RESIDUAL	4,18587	24	0,174411		
TOTAL (CORRECTED)	7,12396	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do calcio

Analysis of Variance for Ca - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	18,7644	3	6,2548	4,59	0,0112
B:FASE	6,05774	2	3,02887	2,22	0,1302
INTERACTIONS					
AB	7,78177	6	1,29696	0,95	0,4778
RESIDUAL	32,7089	24	1,36287		
TOTAL (CORRECTED)	65,3128	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do magnésio

Analysis of Variance for Mg - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,900764	3	0,300255	3,87	0,0218
B:FASE	0,0982389	2	0,0491194	0,63	0,5400
INTERACTIONS					
AB	0,0879611	6	0,0146602	0,19	0,9771
RESIDUAL	1,8642	24	0,077675		
TOTAL (CORRECTED)	2,95116	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do sodio

Analysis of Variance for Na - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,0641639	3	0,021388	1,63	0,2095
B:FASE	0,0130389	2	0,00651944	0,50	0,6152
INTERACTIONS					
AB	0,0568278	6	0,0094713	0,72	0,6373
RESIDUAL	0,3156	24	0,01315		
TOTAL (CORRECTED)	0,449631	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do aluminio

Analysis of Variance for Al - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,9642	3	0,3214	0,72	0,5503
B:FASE	0,823072	2	0,411536	0,92	0,4118
INTERACTIONS					
AB	0,538683	6	0,0897806	0,20	0,9732
RESIDUAL	10,7251	24	0,446881		
TOTAL (CORRECTED)	13,0511	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do cobre

Analysis of Variance for Cu _mg_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	30,0796	3	10,0265	4,44	0,0129
B:FASE	2,37902	2	1,18951	0,53	0,5973
INTERACTIONS					
AB	10,1228	6	1,68713	0,75	0,6178
RESIDUAL	54,2183	24	2,25909		
TOTAL (CORRECTED)	96,7997	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do ferro

Analysis of Variance for Fe - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	109937,0	3	36645,7	0,26	0,8509
B:FASE	280636,0	2	140318,0	1,01	0,3794
INTERACTIONS					
AB	913705,0	6	152284,0	1,10	0,3934
RESIDUAL	3,33603E6	24	139001,0		
TOTAL (CORRECTED)	4,64031E6	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do manganês

Analysis of Variance for Mn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	12149,6	3	4049,87	0,33	0,8060
B:FASE	88398,2	2	44199,1	3,57	0,0441
INTERACTIONS					
AB	29091,7	6	4848,62	0,39	0,8774
RESIDUAL	297480,0	24	12395,0		
TOTAL (CORRECTED)	427119,0	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do zinco

Analysis of Variance for Zn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	53,8748	3	17,9583	2,15	0,1201
B:FASE	35,2061	2	17,603	2,11	0,1433
INTERACTIONS					
AB	61,8612	6	10,3102	1,24	0,3235
RESIDUAL	200,325	24	8,34689		
TOTAL (CORRECTED)	351,268	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS ESTOQUES MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMÍNIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO (F) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.

Anova da fitomassa

Analysis of Variance for fitomassa _kg_há_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	4,52312E6	3	1,50771E6	4,13	0,0170
B:FASE	4,225E6	2	2,1125E6	5,79	0,0089
INTERACTIONS					
AB	9,74221E6	6	1,6237E6	4,45	0,0037
RESIDUAL	8,75957E6	24	364982,0		
TOTAL (CORRECTED)	2,72499E7	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do carbono

Analysis of Variance for C _g_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,81869	3	0,60623	5,00	0,0078
B:FASE	0,994372	2	0,497186	4,10	0,0294
INTERACTIONS					
AB	0,167828	6	0,0279713	0,23	0,9625
RESIDUAL	2,9096	24	0,121233		
TOTAL (CORRECTED)	5,89049	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do nitrogênio

Analysis of Variance for N - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	4039,46	3	1346,49	7,81	0,0008
B:FASE	2381,84	2	1190,92	6,90	0,0043
INTERACTIONS					
AB	761,245	6	126,874	0,74	0,6260
RESIDUAL	4139,67	24	172,486		
TOTAL (CORRECTED)	11322,2	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do fosforo

Analysis of Variance for P - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	8,07809	3	2,6927	4,35	0,0139
B:FASE	5,43602	2	2,71801	4,39	0,0237
INTERACTIONS					
AB	3,04584	6	0,507641	0,82	0,5652
RESIDUAL	14,8539	24	0,618914		
TOTAL (CORRECTED)	31,4139	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do calcio

Analysis of Variance for Ca - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	647,811	3	215,937	4,57	0,0114
B:FASE	74,4789	2	37,2394	0,79	0,4661
INTERACTIONS					
AB	242,744	6	40,4573	0,86	0,5404
RESIDUAL	1134,02	24	47,2507		
TOTAL (CORRECTED)	2099,05	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do magnésio

Analysis of Variance for Mg - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	40,9741	3	13,658	5,31	0,0060
B:FASE	20,6386	2	10,3193	4,01	0,0314
INTERACTIONS					
AB	4,09497	6	0,682495	0,27	0,9477
RESIDUAL	61,7052	24	2,57105		
TOTAL (CORRECTED)	127,413	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do sodio

Analysis of Variance for Na - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,66486	3	0,554952	1,42	0,2609
B:FASE	0,372339	2	0,186169	0,48	0,6264
INTERACTIONS					
AB	1,80459	6	0,300766	0,77	0,6005
RESIDUAL	9,36787	24	0,390328		
TOTAL (CORRECTED)	13,2097	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do aluminio

Analysis of Variance for Al - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	181,952	3	60,6505	4,43	0,0129
B:FASE	72,2903	2	36,1452	2,64	0,0919
INTERACTIONS					
AB	13,4751	6	2,24585	0,16	0,9839
RESIDUAL	328,53	24	13,6888		
TOTAL (CORRECTED)	596,247	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do cobre

Analysis of Variance for Cu _mg_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	2421,19	3	807,064	9,05	0,0003
B:FASE	367,204	2	183,602	2,06	0,1495
INTERACTIONS					
AB	133,847	6	22,3079	0,25	0,9545
RESIDUAL	2140,21	24	89,1754		
TOTAL (CORRECTED)	5062,45	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do ferro

Analysis of Variance for Fe - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,05711E8	3	3,52369E7	5,55	0,0049
B:FASE	5,73483E6	2	2,86741E6	0,45	0,6418
INTERACTIONS					
AB	1,11888E7	6	1,8648E6	0,29	0,9339
RESIDUAL	1,52332E8	24	6,34715E6		
TOTAL (CORRECTED)	2,74966E8	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do manganês

Analysis of Variance for Mn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	4,63054E6	3	1,54351E6	2,87	0,0575
B:FASE	1,9042E6	2	952100,0	1,77	0,1918
INTERACTIONS					
AB	5,31493E6	6	885822,0	1,65	0,1777
RESIDUAL	1,29097E7	24	537903,0		
TOTAL (CORRECTED)	2,47593E7	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do zinco

Analysis of Variance for Zn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	7976,37	3	2658,79	4,56	0,0115
B:FASE	1936,96	2	968,48	1,66	0,2110
INTERACTIONS					
AB	8817,21	6	1469,54	2,52	0,0491
RESIDUAL	13990,6	24	582,941		
TOTAL (CORRECTED)	32721,1	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS ESTOQUES MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMÍNIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO GALHOS (G) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.

Anova da fitomassa

Analysis of Variance for fitomassa _kg_há_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,77249E6	3	590829,0	8,88	0,0004
B:FASE	92705,8	2	46352,9	0,70	0,5079
INTERACTIONS					
AB	5,67991E6	6	946651,0	14,23	0,0000
RESIDUAL	1,5964E6	24	66516,7		
TOTAL (CORRECTED)	9,1415E6	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do carbono

Analysis of Variance for C _g_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,181474	3	0,0604913	2,39	0,0941
B:FASE	0,0505478	2	0,0252739	1,00	0,3838
INTERACTIONS					
AB	0,322856	6	0,0538094	2,12	0,0879
RESIDUAL	0,608467	24	0,0253528		
TOTAL (CORRECTED)	1,16335	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do nitrogênio

Analysis of Variance for N - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	157,415	3	52,4716	2,16	0,1187
B:FASE	149,357	2	74,6787	3,08	0,0645
INTERACTIONS					
AB	348,26	6	58,0433	2,39	0,0591
RESIDUAL	582,155	24	24,2565		
TOTAL (CORRECTED)	1237,19	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do fosforo

Analysis of Variance for P - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,493004	3	0,164335	0,86	0,4777
B:FASE	0,394261	2	0,19713	1,03	0,3737
INTERACTIONS					
AB	0,381598	6	0,0635997	0,33	0,9139
RESIDUAL	4,61209	24	0,19217		
TOTAL (CORRECTED)	5,88095	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do potassio

Analysis of Variance for K - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,68563	3	0,561878	1,17	0,3433
B:FASE	0,306226	2	0,153113	0,32	0,7308
INTERACTIONS					
AB	3,31732	6	0,552887	1,15	0,3662
RESIDUAL	11,566	24	0,481916		
TOTAL (CORRECTED)	16,8752	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do calcio

Analysis of Variance for Ca - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	18,683	3	6,22766	0,24	0,8675
B:FASE	44,1383	2	22,0691	0,85	0,4395
INTERACTIONS					
AB	89,3839	6	14,8973	0,57	0,7468
RESIDUAL	622,487	24	25,937		
TOTAL (CORRECTED)	774,693	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do magnésio

Analysis of Variance for Mg - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	2,74527	3	0,91509	1,90	0,1558
B:FASE	1,80334	2	0,901671	1,88	0,1748
INTERACTIONS					
AB	2,6792	6	0,446533	0,93	0,4918
RESIDUAL	11,5293	24	0,480387		
TOTAL (CORRECTED)	18,7571	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do sodio

Analysis of Variance for Na - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,363839	3	0,12128	1,54	0,2290
B:FASE	0,106144	2	0,0530722	0,68	0,5184
INTERACTIONS					
AB	0,297932	6	0,0496553	0,63	0,7034
RESIDUAL	1,88594	24	0,0785808		
TOTAL (CORRECTED)	2,65385	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do aluminio

Analysis of Variance for Al - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	5,01425	3	1,67142	0,94	0,4346
B:FASE	0,542727	2	0,271364	0,15	0,8586
INTERACTIONS					
AB	5,6933	6	0,948884	0,54	0,7753
RESIDUAL	42,459	24	1,76912		
TOTAL (CORRECTED)	53,7092	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do cobre

Analysis of Variance for Cu _mg_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	170,208	3	56,7359	1,80	0,1748
B:FASE	62,8135	2	31,4068	0,99	0,3847
INTERACTIONS					
AB	240,817	6	40,1361	1,27	0,3076
RESIDUAL	758,102	24	31,5876		
TOTAL (CORRECTED)	1231,94	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do ferro

Analysis of Variance for Fe - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	542082,0	3	180694,0	2,29	0,1045
B:FASE	23359,6	2	11679,8	0,15	0,8635
INTERACTIONS					
AB	393505,0	6	65584,1	0,83	0,5588
RESIDUAL	1,89773E6	24	79072,2		
TOTAL (CORRECTED)	2,85668E6	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do manganês

Analysis of Variance for Mn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	128163,0	3	42721,1	0,50	0,6860
B:FASE	318079,0	2	159039,0	1,86	0,1774
INTERACTIONS					
AB	439735,0	6	73289,2	0,86	0,5396
RESIDUAL	2,05166E6	24	85485,6		
TOTAL (CORRECTED)	2,93763E6	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do zinco

Analysis of Variance for Zn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	474,251	3	158,084	0,67	0,5781
B:FASE	680,525	2	340,262	1,44	0,2556
INTERACTIONS					
AB	1001,04	6	166,841	0,71	0,6461
RESIDUAL	5653,3	24	235,554		
TOTAL (CORRECTED)	7809,12	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS ESTOQUES MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENES, SÓDIO, ALUMÍNIO, CARBONO E RELAÇÃO C/N DA FRAÇÃO MISCELÂNEA (M) NA SERAPILHEIRA ACUMULADA, EM ANTONINA, PR.

Anova da fitomassa

Analysis of Variance for fitomassa _kg_há_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	7,5041E6	3	2,50137E6	3,35	0,0357
B:FASE	4,42655E6	2	2,21327E6	2,96	0,0707
INTERACTIONS					
AB	1,09755E7	6	1,82925E6	2,45	0,0544
RESIDUAL	1,79154E7	24	746475,0		
TOTAL (CORRECTED)	4,08216E7	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do carbono

Analysis of Variance for C _g_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,0818163	3	0,0272721	1,32	0,2903
B:FASE	0,213048	2	0,106524	5,16	0,0136
INTERACTIONS					
AB	0,141685	6	0,0236142	1,14	0,3675
RESIDUAL	0,495053	24	0,0206272		
TOTAL (CORRECTED)	0,931602	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do nitrogênio

Analysis of Variance for N - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	366,411	3	122,137	2,20	0,1142
B:FASE	804,253	2	402,126	7,24	0,0035
INTERACTIONS					
AB	404,323	6	67,3872	1,21	0,3336
RESIDUAL	1332,58	24	55,5242		
TOTAL (CORRECTED)	2907,57	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do fosforo

Analysis of Variance for P - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	3,24262	3	1,08087	2,33	0,0993
B:FASE	2,97108	2	1,48554	3,21	0,0583
INTERACTIONS					
AB	3,58333	6	0,597221	1,29	0,2993
RESIDUAL	11,1136	24	0,463068		
TOTAL (CORRECTED)	20,9107	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do potássio

Analysis of Variance for K - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	5,33666	3	1,77889	1,62	0,2121
B:FASE	2,17086	2	1,08543	0,99	0,3879
INTERACTIONS					
AB	6,7545	6	1,12575	1,02	0,4350
RESIDUAL	26,4354	24	1,10147		
TOTAL (CORRECTED)	40,6974	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do calcio

Analysis of Variance for Ca - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	69,4809	3	23,1603	1,19	0,3364
B:FASE	0,265556	2	0,132778	0,01	0,9932
INTERACTIONS					
AB	83,6449	6	13,9408	0,71	0,6424
RESIDUAL	469,058	24	19,5441		
TOTAL (CORRECTED)	622,449	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do magnésio

Analysis of Variance for Mg - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	7,36857	3	2,45619	2,06	0,1324
B:FASE	4,82219	2	2,41109	2,02	0,1545
INTERACTIONS					
AB	5,57459	6	0,929098	0,78	0,5946
RESIDUAL	28,6326	24	1,19302		
TOTAL (CORRECTED)	46,3979	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do sodio

Analysis of Variance for Na - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	0,808572	3	0,269524	1,22	0,3223
B:FASE	0,345217	2	0,172608	0,78	0,4677
INTERACTIONS					
AB	1,1876	6	0,197934	0,90	0,5113
RESIDUAL	5,28076	24	0,220032		
TOTAL (CORRECTED)	7,62215	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do aluminio

Analysis of Variance for Al - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	58,0238	3	19,3413	2,34	0,0987
B:FASE	83,8477	2	41,9238	5,07	0,0145
INTERACTIONS					
AB	67,5716	6	11,2619	1,36	0,2695
RESIDUAL	198,363	24	8,26513		
TOTAL (CORRECTED)	407,806	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do cobre

Analysis of Variance for Cu _mg_kg_ - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	257,848	3	85,9495	2,91	0,0553
B:FASE	163,218	2	81,6089	2,76	0,0833
INTERACTIONS					
AB	188,099	6	31,3498	1,06	0,4126
RESIDUAL	709,154	24	29,5481		
TOTAL (CORRECTED)	1318,32	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do ferro

Analysis of Variance for Fe - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1,19925E8	3	3,99751E7	3,72	0,0250
B:FASE	1,14434E8	2	5,72168E7	5,33	0,0122
INTERACTIONS					
AB	1,03674E8	6	1,7279E7	1,61	0,1881
RESIDUAL	2,57822E8	24	1,07426E7		
TOTAL (CORRECTED)	5,95855E8	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do manganês

Analysis of Variance for Mn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	480034,0	3	160011,0	1,38	0,2721
B:FASE	589235,0	2	294618,0	2,55	0,0994
INTERACTIONS					
AB	634941,0	6	105823,0	0,91	0,5016
RESIDUAL	2,77737E6	24	115724,0		
TOTAL (CORRECTED)	4,48158E6	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Anova do zinco

Analysis of Variance for Zn - Type I Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ESTAÇÃO	1980,95	3	660,317	2,01	0,1394
B:FASE	687,147	2	343,574	1,05	0,3668
INTERACTIONS					
AB	1570,61	6	261,768	0,80	0,5817
RESIDUAL	7883,84	24	328,493		
TOTAL (CORRECTED)	12122,5	35			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

APÊNDICE 9. ANÁLISE DE VARIANCA DE MACRO E MICRONUTRIENTES E SÓDIO (N, P, K, Ca, Mg), NO MATERIAL REMANESCENTE AO LONGO DE 310 DIAS EM QUE PERMANECERAM NO CAMPO, EM ANTONINA, PR.

Nutriente	Estágio	SQ	GL	QM	F	P
N	FASE	89,18	2	44,59	9,412	0,001593
	TEMPO	453,12	2	226,56	47,825	0,000000
	FASE X TEMPO	25,84	4	6,46	1,363	0,285690
	ERRO	85,27	18	4,74		
Nutriente	Estágio	SQ	GL	QM	F	P
P	FASE	326,75	2	163,38	9,211	0,001759
	TEMPO	973,52	2	486,76	27,443	0,000003
	FASE X TEMPO	327,88	4	81,97	4,621	0,009626
	ERRO	319,27	18	17,74		
Nutriente	Estágio	SQ	GL	QM	F	P
K	FASE	142,20	2	71,10	12,493	0,000396
	TEMPO	1455,52	2	727,76	127,875	0,000000
	FASE X TEMPO	48,77	4	12,19	2,143	0,117303
	ERRO	102,44	18	5,69		
Nutriente	Estágio	SQ	GL	QM	F	P
Ca	FASE	17,076	2	8,538	6,672	0,006795
	TEMPO	293,303	2	146,652	114,592	0,000000
	FASE X TEMPO	10,331	4	2,583	2,018	0,134909
	ERRO	23,036	18	1,280		
Nutriente	Estágio	SQ	GL	QM	F	P
Mg	FASE	36,074	2	18,037	8,982	0,001971
	TEMPO	682,077	2	341,038	169,827	0,000000
	FASE X TEMPO	7,061	4	1,765	0,879	0,495906
	ERRO	36,147	18	2,008		

	FASE	10,495	2	5,247	2,012	0,162710
Na	TEMPO	248,348	2	124,174	47,610	0,000000
	FASE X TEMPO	15,874	4	3,968	1,522	0,238029
	ERRO	46,947	18	2,608		
Nutriente	Estágio	SQ	GL	QM	F	P
	FASE	59,959	2	29,979	18,086	0,000049
Mn	TEMPO	19,163	2	9,582	5,780	0,011508
	FASE X TEMPO	19,913	4	4,978	3,003	0,046200
	ERRO	29,837	18	1,658		
Nutriente	Estágio	SQ	GL	QM	F	P
	FASE	111,236	2	55,618	15,022	0,000145
Cu	TEMPO	131,139	2	65,569	17,710	0,000056
	FASE X TEMPO	76,274	4	19,069	5,150	0,006050
	ERRO	66,644	18	3,702		
Nutriente	Estágio	SQ	GL	QM	F	P
	FASE	718,59	2	359,30	8,707	0,002264
zn	TEMPO	2618,96	2	1309,48	31,734	0,000001
	FASE X TEMPO	610,04	4	152,51	3,696	0,022938
	ERRO	742,76	18	41,26		
Nutriente	Estágio	SQ	GL	QM	F	P
	FASE	15134,6	2	7567,3	7,2044	0,005029
Fe	TEMPO	338621,0	2	169310,5	161,1911	0,000000
	FASE X TEMPO	18776,8	4	4694,2	4,4691	0,011049
	ERRO	18906,7	18	1050,4		