

CICLAGEM DE NUTRIENTES NA MATA ATLÂNTICA DE BAIXADA
NA APA DA BACIA DO RIO SÃO JOÃO, RJ: EFEITO DO TAMANHO
DO FRAGMENTO.

ANA PAULA DA SILVA

Tese apresentada ao Centro de
Biotecnologia e Biociências, da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense, como parte das
exigências para obtenção do título
de Doutor em Ecologia e Recursos
Naturais.

Orientador: Prof^a . Dora Maria Villela

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO, 2009

CICLAGEM DE NUTRIENTES NA MATA ATLÂNTICA DE BAIXADA
NA APA DA BACIA DO RIO SÃO JOÃO, RJ: EFEITO DO TAMANHO
DO FRAGMENTO.

ANA PAULA DA SILVA

Tese apresentada ao Centro de
Biotecnologia e Biociências, da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense, como parte das
exigências para obtenção do título
de Doutor em Ecologia e Recursos
Naturais.

Aprovada em 10 de março de 2009.

Comissão examinadora:

Profa. Dra. Regina Célia Costa Luizão (Doutora em Ecologia) – INPA

Prof. Dr. Gilmar dos Santos Costa (Doutor em Produção Vegetal) – CEFET
CAMPOS

Prof. Dr. Marcelo Trindade Nascimento (Doutor em Ecologia) – UENF

Orientadora: Profa. Dra. Dora Maria Villela (Doutora em Ecologia) - UENF

Dedico este trabalho a minha filha Ana Bárbara.

SUSSURO

“Se não erro ao decifrar a voz dos vegetais, eis que suspira a muda de pau-ferro no silêncio do ser: Eu sei que fui plantada como música, discurso e tudo mais, para alguém no futuro, oferecer sem discurso e sem música o prazer da derrubada”.

Carlos Drummond de Andrade

SUMÁRIO

RESUMO	XII
ABSTRACT.....	XIX
Capítulo 1. Introdução Geral	_1
1.1. Ciclagem de nutrientes Em Ecossistemas Florestais.....	_1
1.1.1. Nutrientes Foliare e o Processo de Retranslocação	1
1.1.2. Produção de Serapilheira	2
1.1.3. Decomposição de Serapilheira	3
1.2. Efeitos de Perturbações Sobre a Ciclagem de Nutrientes.....	5
1.3. Fragmentação Florestal	5
1.4. Efeitos da Fragmentação Sobre a Ciclagem de Nutrientes	8
1.5. O Cenário Atual da Mata Atlântica.....	9
1.6. Objetivo Geral	11
1.7. Hipótese Geral	11
Capítulo 2. Área de Estudo	12
2.1. Desenho Experimental	17
Capítulo 3. Nutrientes Foliare de Espécies Arbóreas na Mata Atlântica de Baixada na APA da Bacia do Rio São João, RJ.: Efeito do Tamanho do Fragmento	18
3.1. Introdução	18
3.2. Objetivos	19
3.3. Hipótese	19
3.4. Material e Métodos	19
3.4.1. Área de Estudo	19
3.5. Resultados	21
3.6. Discussão	23
3.6.1. Concentração de Macronutrientes em Folhas de <i>G. guidonea</i> e <i>C.</i> <i>oblongifolia</i> : Comparação com Outras Formações Florestais	23
3.6.2. Concentração de Macronutrientes em Folhas de <i>G. guidonea</i> e <i>C.</i> <i>oblongifolia</i>	24
3.6.3. Efeito do Tamanho do Fragmento Sobre a Concentração de Macronutrientes em Folhas de <i>G. guidonea</i> e <i>C. oblongifolia</i>	26
3.7. Conclusões	28
Capítulo 4. Retranslocação de Nutrientes em Folhas de de <i>G. guidonea</i> ((L.) Sleu) Meliaceae na Mata Atlântica de Baixada na APA da Bacia do Rio São João, RJ.: Efeito do Tamanho do Fragmento	29

4.1. Introdução	29
4.2. Objetivos	30
4.3. Hipótese	30
4.4. Material e Métodos	31
4.4.1. Área de Estudo	31
4.4.2. Retranslocação de Nutrientes em Folhas	31
4.4.3. Análise Química de Nutrientes	32
4.4.4. Análise Estatística	33
4.5. Resultados	33
4.5.1. Proeficiência de Retranslocação de Nutrientes (PRnutrientes) em Folhas de <i>G. guidonea</i>	33
4.5.2. Retranslocação de Nutrientes em Folhas de <i>G. guidonea</i>	34
4.6. Discussão	37
4.6.1. Considerações Metodológicas	37
4.6.2. Proeficiência e Eficiência de Retranslocação de Nutrientes das Folhas de <i>G. guidonea</i> : Comparação com Outras Formações Florestais	38
4.6.3. O Padrão de Eficiência de Retranslocação de Nutrientes (ERN) em Folhas de <i>G. guidonea</i>	42
4.6.4. Efeito do Tamanho do Fragmento Sobre a Proeficiência e Eficiência de Retranslocação de Nutrientes em Folhas de <i>G. guidonea</i>	44
4.6.5. Consequências de Retranslocação de Nutrientes em Folhas de <i>G. guidonea</i> na Ciclagem de Nutrientes nos Fragmentos Estudados	45
4.7. Conclusões	46
Capítulo 5. Aporte de Nutrientes em Fragmentos da Mata Atlântica de Baixada de Diferentes Tamanhos na Região de Imbaú, Silva Jardim, RJ	48
5.1. Introdução	48
5.2. Objetivos	49
5.3. Hipótese	49
5.4. Material e Métodos	49
5.4.1. Produção de Serapilheira	50
5.4.2. Análise Química de Nutrientes	50
5.4.3. Análise dos Dados	51
5.5. Resultados	52
5.6. Discussão	60
5.6.1. Concentração e Aporte de Nutrientes: Comparação com Outras Florestas	60
5.6.2. Efeito do Tamanho do Fragmento Sobre a Concentração de Nutrientes na Serapilheira Produzidas	61

5.6.3. Efeito do Tamanho do Fragmento Sobre o Aporte de Nutrientes	64
5.6.4. Importância das Espécies na Ciclagem de Nutrientes nos Fragmentos	66
5.6.5. Variação Sazonal da Concentração e Aporte de Nutrientes	67
5.6.6. Eficiência de Uso de Nutrientes (EUN)	68
5.7. Conclusões	69
Capítulo 6. Decomposição e Mineralização de Nutrientes de Folhas de <i>Guarea guidonea</i> (L.) Sleum. na Mata Atlântica de Baixada na APA da Bacia do Rio São João, RJ.: Efeito do Tamanho do Fragmento	70
6.1. Introdução	70
6.2. Objetivos	71
6.3. Hipótese	71
6.4. Material e Métodos	72
6.4.1. Desenho experimental	72
6.4.2. Decomposição de Foliar da Espécie <i>Guarea guidonea</i>	72
6.4.3. Análise Química de Nutrientes	73
6.5. Resultados	74
6.5.1. Perda de Massa	75
6.5.2. Concentração Inicial de Nutrientes	78
6.5.3. Liberação e/ou Acúmulo de Nutrientes	80
6.6. Discussão	88
6.6.1. O Padrão de Perda de Massa das Folhas de <i>Guarea guidonea</i>	88
6.6.2. Liberação e/ou Acúmulo de Nutrientes em Folhas de <i>Guarea guidonea</i>	93
6.6.3. Efeito do Tamanho do Fragmento Sobre a Perda de Massa das Folhas de <i>Guarea guidonea</i>	96
6.6.4. Influência do Tamanho do Fragmento Sobre a Liberação e/ou Acúmulo de Nutrientes: Fragmentos Pequenos X fragmentos Grandes	98
6.7. Conclusões	100
7.DISSCUSSÃO GERAL.	
.....	101
8.CONSIDERAÇÕES FINAIS	
.....	105
9.RECOMENDAÇÕES	
.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Dados estruturais (área basal, riqueza e diversidade florística) dos fragmentos da região de Imbaú de espécies vegetais arbóreas com DAP ≥ 5 CM e DAP ≥ 10	14
Tabela 2.3 - Classificação dos solos dos fragmentos florestais estudados da região da bacia do rio São João, RJ.	17
Tabela 2.2 - Histórico de perturbação antrópica nos fragmentos de Mata Atlântica estudados na APA da bacia do rio São João, RJ.	15
Tabela 3.1 - Concentração de macronutrientes (mg/g) em folhas verdes de <i>G. guidonea</i> e <i>Cupanea oblongifolia</i> em classes de tamanho de fragmentos da Mata Atlântica de baixada na região de Imbaú, Silva Jardim, RJ.....	22
Tabela 3.2 - Correlação entre a concentração de nutrientes em folhas verdes de <i>G. guidonea</i> e <i>Cupanea oblongifolia</i> com a concentração de nutrientes no solo	22
Tabela 3.3 - Concentrações médias (mg/g) dos macronutrientes foliares em outras formações florestais tropicais	25
Tabela 4.1 - Concentração de nutrientes (mg/g) em folhas verdes (FV) e senescentes (FS) de <i>G. guidonea</i> dos fragmentos florestais estudados da região da bacia do rio São João, RJ.	35
Tabela 4.2 - Correlação entre a eficiência de retranslocação de N (%ERN), p (%ERP) e K (%ERK) e a concentração de N, P e K em folhas verdes (FV) e senescentes (FS) de <i>G. guidonea</i>	37
Tabela 4.3 - Correlação entre a eficiência de retranslocação de N (%ERN), p (%ERP) e K (%ERK) com a concentração de N, P e K e CTC do solo dos fragmentos estudados.	37
Tabela 4.4 - Eficiência de retranslocação de N (%ERN) e P (%ERP) em outras formações tropicais, subtropicais e áridas.	40
Tabela 5.1 - Concentração de nutrientes (mg/g) na serapilheira produzida	54
Tabela 5.2 - Concentração de nutrientes (mg/g) nas frações folhas de <i>G. guidonea</i> e <i>Cupanea oblongifolia</i> e total de folhas da serapilheira produzida nos fragmentos pequenos	55
Tabela 5.3 - Aporte de nutrientes através da serapilheira produzida	56
Tabela 5.4 - Aporte de nutrientes através da folha de <i>G. guidonea</i> e <i>Cupanea oblongifolia</i> e folhas de outras espécies da serapilheira total produzida nos fragmentos pequenos	57
Tabela 5.5 - Relação entre parâmetros estruturais e aporte de nutrientes nos fragmentos estudados	58
Tabela 5.6 - Percentual de contribuição das folhas <i>G. guidonea</i> e <i>Cupanea oblongifolia</i> no aporte de nutrientes	58
Tabela 5.7 - Eficiência de uso de nutrientes (EUN) em folhas de <i>G. guidonea</i> , outras folhas e serapilheira total	58

Tabela 5.8 - Conteúdo de nutrientes (kg/ha) na serapilheira total produzida em outras regiões	62
Tabela 5.9 - Correlação entre a eficiência de uso de nutrientes (EUN) e a concentração de nutrientes no solo dos fragmentos	69
Tabela 6.2 - Taxa de decomposição (k) e meia-vida das folhas de <i>G. guidonea</i> em seis fragmentos de Mata Atlântica na bacia do rio São João, RJ.	78
Tabela 6.3 - Média da concentração inicial (T0) dos nutrientes nas folhas de <i>G. guidonea</i>	79
Tabela 6.4 - Razões C/N e C/P nas folhas de <i>G. guidonia</i>	80
Tabela 6.5 - Correlação entre a taxa de decomposição e a concentração inicial de C, N, P e razão C/N e C/P	80
Tabela 6.6- Comparação da taxa de decomposição (k) estimada pelos modelos linear (L) e exponencial simples (ES) para experimentos começando na estação seca (S) e na estação chuvosa (C) em diferentes formações florestais	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Mapa com a localização dos fragmentos estudados na região do Imbaú, Silva Jardim, RJ., e Rio das Ostras, RJ.. Fonte: Setor de Geoprocessamento Associação Mico-Leão-Dourado	12
Figura 2.2 – Precipitação pluviométrica na região de Rio das Ostras, RJ. Fonte: Associação Mico-Leão-Dourado	13
Figura 4.1 – Eficiência de retranslocação de N (ERN), P (ERP) e K (ERK) dos fragmentos florestais estudados	36
Figura 5.1 – Variação sazonal do aporte de nutrientes em fragmentos da Mata Atlântica da bacia do rio São João, RJ.	60
Figura 6.1 – Precipitação pluviométrica na região de Silva Jardim, RJ.: Fonte: Associação Mico-Leão-Dourado	72
Figura 6.2 – Percentual de material remanescente (peso seco) de folhas de <i>G. Guidonea</i> em fragmentos pequenos e grandes na região da bacia do rio São João, RJ.	76
Figura 6.3 – Regressão exponencial simples entre os dias de coleta e o percentual de material remanescente de folhas de <i>G. Guidonea</i> em seis fragmentos da região da bacia do rio São João, RJ.	77
Figura 6.4 – Percentual remanescente de Ca, K, Mg, P, e Na em folhas de <i>G. Guidonea</i> ao longo de 364 dias de experimento em fragmentos pequenos (FP) e fragmentos grandes (FG) na região de Imbaú, Silva Jardim, RJ.	84
Figura 6.5 – Percentual remanescente de C, N, razões C/N e C/P em folhas de <i>G. Guidonea</i> ao longo de 364 dias de experimento em fragmentos pequenos (FP) e fragmentos grandes (FG) na região de Imbaú, Silva Jardim, RJ.	85
Figura 6.6 – Relação entre a concentração de Ca, K, Mg e P e o percentual de massa remanescente em fragmentos pequenos (FP) e fragmentos grandes (FG)	86
Figura 6.6 – Relação entre a concentração de C, N e Na e o percentual de massa remanescente em fragmentos pequenos (FP) e fragmentos grandes (FG)	87

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que estiveram sempre presentes ao longo deste trabalho e a algumas pessoas em especial como:

A minha mãe por ter sido responsável pela minha formação.

Ao meu pai por ter sempre me incentivado através de seus elogios.

À prof^a Dora Maria Villela pela orientação e incentivo em todas as fases deste trabalho.

Aos professores do Laboratório de Ciências Ambientais.

A professora Ângela Pierre Vitória pela revisão do manuscrito.

A Sidy pela ajuda nas análises estatísticas e apoio nas etapas finais e difíceis deste trabalho.

Ao meu irmão José Roberto pelo exemplo de dedicação.

A minha irmã Ana Lúcia por sempre me ouvir.

A Lídia, Aline e Anita pela ajuda e apoio nas atividades de laboratório.

Aos técnicos, Elmo, Vanderley, Cristiano, Marcelo e Arizoli Gobo pela ajuda e dedicação.

A todos os amigos pelo convívio no laboratório.

Ao Laboratório de Ciências Ambientais do Centro de Biociências e Biotecnologia da UENF.

A Associação Mico Leão Dourado

A sede do IBAMA da REBIO União pelo apoio logístico ao trabalho.

À UENF pela bolsa concedida.

Ao FNMA e ao CEPF pelo apoio financeiro

RESUMO

CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA NA APA DA BACIA DO RIO SÃO JOÃO, RJ: EFEITO DO TAMANHO DO FRAGMENTO.

O presente estudo foi desenvolvido em fragmentos de Mata Atlântica na região de baixadas do Rio de Janeiro, inseridos na área de proteção da bacia do Rio São João, RJ. O objetivo deste estudo foi testar a hipótese de que o tamanho do fragmento altera a ciclagem de nutrientes na Mata Atlântica desta região. Foram avaliadas as concentrações de macronutrientes em folhas adultas de duas dentre as principais espécies arbóreas ocorrentes nessas áreas (*Guarea guidonea* e *Cupania oblongifolia*) em nove fragmentos que se diferenciam quanto o tamanho, a retranslocação de nutrientes e a decomposição e liberação de nutrientes das folhas de *G.guidonea* foi feita em seis fragmentos (três pequenos e três grandes) e o aporte de nutrientes via serapilheira em três fragmentos pequenose. Os fragmentos selecionados para este estudo foram agrupados por classe de tamanho: três fragmentos pequenos (23- 33ha), três médios (130 - 155 ha) e três grandes (500 – 2300 ha). Os resultados obtidos para as concentrações de nutrientes nas folhas verdes de *G. guidonea* e *C.oblongifolia* não demonstraram um efeito negativo do tamanho do fragmento. No entanto, a maior concentração de Mg em folhas de *C.oblongifolia* nos fragmentos menores ($5,0\pm 0,8$ mg/g) em relação aos fragmentos médios ($4,0\pm 0,3$ mg/g) e grandes ($3,5\pm 0,7$ mg/g) indica um efeito da redução da área do fragmento sobre este elemento. A redução do tamanho do fragmento também não interferiu na eficiência de retranslocação de N, P e K nas folhas de *G.guidonea*. Já o maior aporte C, N, Ca e K, no fragmento grande em relação aos fragmentos pequenos mostra um efeito negativo da redução da área do fragmento. O tamanho dos fragmentos não afetou a decomposição das folhas de *G.guidonea*, pois não foi encontrada diferença na taxa de decomposição entre fragmentos pequenos e grandes. Porém, a lenta liberação de C, P e Ca das folhas de *G. guidonea* nos fragmentos pequenos indicam um efeito negativo do tamanho do fragmento. Uma análise geral da ciclagem de nutrientes nos fragmentos estudados mostrou que a redução dos fragmentos provocou alterações em alguns aspectos da ciclagem de nutrientes, pois o menor aporte destes e a maior eficiência de uso de nutrientes (EUN) nos fragmentos pequenos, associada a menor liberação de nutrientes durante a decomposição da serapilheira, indica que a manutenção deste

padrão por efeitos contínuos da fragmentação pode levar a um empobrecimento da qualidade nutricional dos fragmentos pequenos.

Palavras-chaves: aporte de nutrientes; ciclagem de nutrientes; decomposição da serapilheira;; fragmentação florestal; Mata Atlântica; nutrição foliar; retranslocação.

ABSTRACT

NUTRIENT CYCLING IN ATLANTIC FOREST FRAGMENTS AT SÃO JOÃO RIVER BASIN, RJ: FRAGMENT SIZE EFFECT.

ABSTRACT: This study was made in Atlantic forest fragments in the lowland region of the protected area of São João river basin, Rio de Janeiro state, Brazil. The aim of this study was to test the hypotheses that fragment size alters nutrient cycling in those lowland Atlantic forests. There were evaluated the macro-nutrients concentrations in adult leaves of the main tree species in the area (*Guarea guidonea* and *Cupania oblongifolia*), the nutrients resorption efficiency, decomposition and nutrients release from *G.guidonea* leaves, and the nutrients input from the litterfall in fragments that differ in size. Nine fragments of lowland Atlantic forest from three size classes were selected: three small (23 – 33 ha); three medium (130 - 155 ha); and three large (500 – 2300 ha). The results on nutrients concentrations of *G. Guidonea* and *C. oblongifolia* adult leaves did not indicate a negative effect of the fragment size. Nevertheless, the higher Mg concentrations in *Cupania* leaves in the small fragments (5.0 ± 0.8 mg/g) comparing with the medium (4.0 ± 0.3 mg/g) and large (3.5 ± 0.7 mg/g) ones indicates an effect of the reduction of the fragment area over this element. The reduction of the fragment size also did not affect N, P and K resorption efficiency in *G. guidonea* leaves. However, the largest input of C, N, Ca and K in the largest fragment in relation to the small ones indicates a negative effect of the reduction of the fragment area. Fragment size did not affect *G. guidonea* leaf-litter decomposition as there was no difference in decomposition rate between small and large fragments. However, the slow release of C, P and Ca from *G. guidonea* leaves in the small fragments indicates a negative effect of the fragment size. A general analysis of the nutrient cycling in the studied fragments showed that a reduction on fragment size altered some aspects of nutrient cycling, as the lower nutrient input and the higher NUE in the small fragments, associated with the slower nutrient release during the leaf-litter decomposition in those, suggests that the maintenance of this pattern caused by continuous fragmentation process may result in diminishment on nutritional quality of the small fragments.

Key-words: Atlantic forest; decomposition; forest fragmentation; leaf nutrient; nutrient cycling; nutrient input; nutrient resorption.

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais

A ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais envolve o ciclo interno dos nutrientes, e é representada pela retranslocação de nutrientes das folhas senescentes para as novas, pela produção e decomposição da serapilheira, pela recuperação de nutrientes por parte da biota e pela perda de nutrientes por lixiviação (Golley *et al.*, 1978; Proctor, 1983; Vitousek, 2004).

1.1.1. Nutrientes foliares e o processo de retranslocação

As folhas são órgãos da planta responsáveis pelos processos de fotossíntese e respiração. Na literatura, são muitos os trabalhos que relatam a importância das folhas nos ecossistemas florestais. Segundo Bray e Gohram (1964) e Poggiani (1979; 1984), a maior parte dos nutrientes da biomassa arbórea está contida nas folhas. A concentração de nutrientes foliares pode ser influenciada pela disponibilidade de nutrientes no solo. Uma menor concentração de nutrientes na vegetação, especialmente nas folhas, poderá ser uma indicação de possíveis limitações nutricionais (Aerts e Chapin, 2000; Vitousek, 2004). No entanto, a concentração de nutrientes foliares pode também estar relacionada a ciclagem interna, uma estratégia das espécies vegetais, desenvolvida para minimizar as perdas (Sanchez, 1976, Wedin e Tilman 1990; Breemen, 1995; Delitti, 1995; Carrera *et al.* 2003; Satti *et al.* 2003) através do processo de retranslocação de nutrientes das folhas senescentes para as novas (Aerts e Chapin, 2000).

A retranslocação de nutrientes é importante, principalmente para espécies vegetais que se desenvolvem em solos com baixa disponibilidade de nutrientes (Aerts, 1996). Para Aerts e Chapin (2000), este processo é responsável pela diminuição das concentrações de N e P durante a senescência das folhas.

A retranslocação é expressa pela eficiência na transferência de nutrientes (ERN), definida como a proporção de nutrientes transferidos das folhas senescentes pelas folhas novas, (Killingbeck, 1996; Aerts e Chapin, 2000; Van

Heerwaarden *et al.*, 2003). A eficiência de retranslocação é observada principalmente para N e P (Lodhiyal, 2003; Pensa e Sellin, 2003; Yuan *et al.*, 2005) devido a menor disponibilidade relativa destes elementos nos solos florestais e a sua alta mobilidade nos tecidos vegetais. No entanto, alguns estudos demonstram que a eficiência de retranslocação pode diminuir de acordo com o aumento na concentração desses elementos em folhas verdes (Kobe *et al.*, 2005; Niinemet e Tamm, 2005) o que pressupõe uma boa disponibilidade de nutrientes no solo.

A distribuição interna através da retranslocação difere, provavelmente, entre florestas tropicais e temperadas, em função das diferenças de disponibilidade de nutrientes no solo desses ecossistemas. Espera-se que plantas de ambientes mais pobres apresentem maior eficiência na retranslocação (Breemen, 1995; Attiwill, 2003; Vitousek, 1982; 2004). Contudo, a retranslocação também pode variar em função da espécie e da forma de vida desta (Aerts, 1996; Yuan *et al.*, 2005). Neste contexto, as espécies que apresentam alta eficiência de retranslocação diminuem a perda de nutrientes para o ambiente (Huang *et al.*, 2007) e como consequência produzem uma serapilheira de baixa qualidade química. Com isso, a eficiência de retranslocação pode ser considerada um importante índice de eficiência de uso de nutrientes (Vitousek, 1982; Yuan *et al.*, 2005). De acordo com o exposto, é possível perceber que a retranslocação pode ser considerado um aspecto importante na avaliação de padrões de ciclagem em sistemas florestais, pois pode explicar a produtividade em áreas com baixa disponibilidade de nutrientes no solo e o estado nutricional das espécies.

Outros aspectos muito estudados dentro da ciclagem de nutrientes são a produção de serapilheira (Proctor 1983; Morellato, 1992; Mazurec, 1998; Moraes *et al.*, 1999; Villela e Proctor 1999; Nascimeto, 2005; Portela e Santos, 2007; Vidal *et al.*, 2007) e a decomposição da serapilheira (Villela e Proctor, 2002; Aidar e Joly, 2003; Osono e Takeda, 2004; Xu *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2005; Gartner e Cardon, 2006; Shiels, 2006).

1.1.2. Produção de serapilheira

A serapilheira, além de ser a principal fonte de entrada de nutrientes para o solo (Vitousek e Sanford, 1986; Vitousek, 2004), representa um bom indicador

de produção de ecossistemas florestais (Proctor, 1983). A serapilheira é o conjunto de folhas, galhos, material reprodutivo e outros materiais biológicos que se depositam sobre a superfície do solo (Proctor, 1983). As folhas representam uma fração substancial da serapilheira produzida nas florestas, e junto com as flores e frutos apresentam o maior teor de nutrientes (Proctor, 1983; Jordan, 1985; Villela e Proctor 1999). Inúmeros estudos têm encontrado uma contribuição da fração folhas de aproximadamente 70% do total da serapilheira produzida em florestas tropicais (Proctor 1983; Morellato, 1992; Herbohn e Congdon, 1993; Moraes *et al.* 1999; Villela e Proctor 1999; Portela e Santos, 2007; Vidal *et al.* 2007), demonstraram a importância da fração folhas da serapilheira na transferência de nutrientes.

As florestas tropicais, via de regra, apresentam produção contínua de serapilheira no decorrer do ano, sendo que as quantidades produzidas dependem da estrutura e composição florística da vegetação (Tilman *et al.*, 1996; Villela e Proctor, 1999) e das variações de precipitação pluviométrica (Vitousek, 1984; Vitousek e Sanford, 1986; Oliveira e Lacerda, 1993). Segundo Oliveira e Lacerda (1993) as variações na produção de serapilheira podem também se relacionar com perturbações naturais ou antrópicas.

A relação dos padrões de produção de serapilheira com a estrutura da vegetação, riqueza de espécies e padrões fenológicos, são importantes para se avaliar a produtividade do sistema (Villela e Proctor, 1999; Vitousek, 2004). Portanto, possíveis alterações na estrutura e composição florística do ambiente, podem alterar os padrões de entrada de nutrientes através da serapilheira (Martinelli *et al.*, 2000; Villela *et al.*, 2006).

1.1.3. Decomposição da serapilheira

A decomposição da serapilheira representa a principal forma de liberação de nutrientes da vegetação para o solo em ecossistemas terrestres (Swift e Anderson, 1989), contribuindo em grande parte com a disponibilização de nutrientes para a absorção da vegetação (Vitousek e Sanford, 1986; Heal, 1997). Dessa forma, tanto a decomposição da serapilheira quanto a mineralização de nutrientes tem papel chave na regulação da disponibilidade de nutrientes, e

conseqüentemente, no padrão de crescimento vegetal (DeAngelis, 1992; Heal, 1997; Vitousek, 2004).

Durante o processo de decomposição, a serapilheira passa por transformações físicas, químicas e biológicas, e é nesse período que ocorre a transferência de nutrientes para o solo (Swift *et al.*, 1979; Swift e Anderson, 1989; Heal, 1997). Por isso, entender a decomposição associada ao padrão de liberação de nutrientes e os fatores que regulam estes processos é de grande importância para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas.

A decomposição em florestas tropicais é controlada especificamente por três fatores: as características físicas e químicas do ambiente, a qualidade da serapilheira e a comunidade decompositora (Swift, 1978; Szumigalski e Bayley 1996; Aerts 1997; Aerts e De Caluwe 1999). A temperatura e a umidade são fatores que influenciam potencialmente as taxa de decomposição, sendo a temperatura o fator responsável pelas diferenças nas taxas de decomposição entre florestas tropicais e temperadas (Anderson e Swift, 1993). As elevadas taxas de decomposição reportadas para as florestas tropicais estão relacionadas à alta pluviosidade e a pouca variação de temperatura e umidade ao longo do ano, ou seja, condições favoráveis à atividade de organismos decompositores (Olson, 1963). As variações nas taxas de decomposição em ambientes terrestres apresentam sazonalidade, estando relacionado principalmente às variações das chuvas (Heal *et al.*, 1997). Diversos estudos têm verificado uma maior perda de massa nos meses de maior pluviosidade associado a pulsos de liberação de nutrientes (Costa *et al.*, 2005; Luizão, 1998; Aragão, 2000; Villela e Proctor, 2002; Gama, 2005; Cianciaruso *et al.*, 2006).

A qualidade da serapilheira é representada pelas suas características químicas e físicas que incluem a concentração de nutrientes, a razão C/N e os teores de lignina, celulose e polifenóis (Aertes, 1997; Fischer *et al.*, 2006). Esta qualidade associada ao ambiente físico, podem juntos ter influencia sobre a comunidade decompositora e desta forma interferir na velocidade de decomposição da serapilheira (Fischer *et al.*, 2006). Todavia, diversas pesquisas têm apontado a qualidade química da serapilheira como fator determinante da velocidade de decomposição (Aerts, 1997; Andrade *et al.*, 2000; Limpens e Berendse, 2003; Kalbitz *et al.*, 2006; Kozovits *et al.*, 2007; Polyakova e Billor, 2007). O padrão de decomposição e a liberação de nutrientes podem ser

influenciados pela composição da comunidade de plantas (Wardle *et al.*, 1997; Gartner e Cardon, 2004; Kazakou *et al.*, 2006) e pelas diferenças entre tipos de florestas (Aerts, 1997; Vilella e Proctor, 2002; Polyakova e Billor, 2007) devido á variabilidade na composição química da serapilheira. Com isso, o processo de decomposição pode ser utilizado para entender a influência de impactos sobre parte do funcionamento do ecossistema.

1.2. Efeitos de perturbações sobre a ciclagem de nutrientes

A ciclagem de nutrientes pode ser alterada por perturbações naturais ou antrópicas que produzem efeitos significativos sobre os padrões de produção e decomposição da serapilheira. Entretanto, estas alterações variam dependendo do grau de perturbação e do ecossistema perturbado (Delitti 1989; Pagano, 1989; Oliveira e Lacerda, 1993; Vilella *et al.*, 2006). Entre os tipos de perturbações destacam - se as naturais tais como: sucessão e furacões e as antrópicas, como corte seletivo (Ewel, 1976; Vilella *et al.*, 1998; 2004), fogo (Haag, 1985; Teixeira *et al.*, 1996) e fragmentação florestal (Didham e Lawton, 1999; Barbosa, 2000; Vasconcelos e Luizão, 2004).

A mortalidade de árvores, principalmente em florestas fragmentadas, aumentam a densidade de clareiras (Kapos *et al.*, 1997) e estas por sua vez alteram a produção de serapilheira em matas (Martins *et al.*, 1999) e a taxa de decomposição, conforme verificado por Aragão (2000). A principal consequência deste impacto sobre a ciclagem de nutrientes é a alteração do padrão nutricional da floresta, o que afetam a regeneração e manutenção da vegetação (Vitousek, 2004; Vilella *et al.*, 2006).

1.3. Fragmentação florestal

A fragmentação florestal é classificada como a redução e isolamento da vegetação natural seguida de mudanças na estrutura da comunidade e alteração da estabilidade ecológica do ecossistema, o que leva a extinção de habitat e perda de espécies (Laurance e Bierregaard, 1997; Laurance e Curran, 2008). Esses fragmentos foram definidos por uma borda ou limite físico, circundados por

uma matriz que é o seu entorno, muitas vezes compostas por plantações e pasto (Murcia, 1995; Mesquita *et al.*, 1999; Carvalho, 2006; Rodrigues, 2005).

Os trabalhos sobre a fragmentação em ecossistemas de florestas tropicais surgiram com o projeto intitulado Projeto de Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF), desenvolvido na região norte de Manaus, Brasil. No intuito de avaliar os efeitos da fragmentação, uma área de mata continua foi experimentalmente dividida em fragmentos de diferentes tamanhos. Nessa ocasião surgiram muitos estudos com o objetivo de determinar as conseqüências ecológicas da fragmentação de hábitat na Amazônia (Kapos, 1989; Bierregaard, 1989; Brown *et al.*, 1997; Gascon e Bierregaard, 2001; Laurance, 2002). A maioria dos resultados demonstrou que a idade do fragmento, o efeito de borda, a matriz do fragmento, os tipos de distúrbios e a intensidade e tamanho do fragmento são os principais fatores que influenciam a fragmentação (Murcia, 1995). A identificação desses fatores possibilitou diversos trabalhos desenvolvidos até hoje em parcelas permanentes (Kapos, 1989; Kapos, 1997; Laurance *et al.*, 1997; Laurance e Bierregaard 1997; Ferraz *et al.*, 2003; Cramer *et al.*, 2007; Fáveri *et al.*, 2008; Laurance *et al.*, 2006; 2009) para testar hipóteses que serviram de base para muitos estudos em fragmentos de outras regiões do Brasil, como na Mata Atlântica do Rio de Janeiro.

O desmatamento promovido para obtenção de madeira e carvão e a transformação de matas em áreas cultiváveis resultam na fragmentação dos habitats naturais, com a formação de fragmentos florestais de diferentes formas e tamanhos. Estas alterações representam, segundo Laurance (1990), uma ameaça para as comunidades vegetais.

Os efeitos mais citados da fragmentação estão relacionados ao efeito de borda, caracterizado pelo aumento da penetração de luz e vento na floresta (Kapos *et al.*, 1997; Kapos, 1989; Bierregaard *et al.*, 1992), resultando na elevação da temperatura do ar e no aumento do déficit de pressão de vapor no interior da mata, o que pode provocar alterações na composição das espécies (Laurance *et al.*, 2006). Tais efeitos são mais significativos em fragmentos pequenos (Laurance e Yensen, 1990; Laurance *et al.*, 1998), por apresentarem maior proporção borda/área (Kapos, 1989; Camargo e Kapos, 1995). Com isso, a dinâmica interna desses fragmentos pode ser determinada por fatores externos (Saunders, *et al.*, 1991), podendo o fragmento apresentar em toda sua extensão

características estruturais semelhantes à borda (Carvalho *et al.*, 2006). Dessa forma, o tamanho do fragmento passa ser um fator importante sobre a estrutura e dinâmica da comunidade (Laurance *et al.*, 1998; Carvalho *et al.*, 2008; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008)

As mudanças micro-climáticas diminuem em bordas antigas, onde essas áreas podem ser dominadas por espécies pioneiras ou secundárias (Kapos *et al.*, 1993; Didham e Lawton 1999). Assim sendo, a regeneração da vegetação na borda diminui os efeitos do vento e radiação sobre o micro-clima do interior do fragmento, apresentam um efeito positivo. Dessa forma, fragmentos abandonados por muito tempo podem não mais apresentar o gradiente de modificação desses parâmetros da borda para o interior, e neste caso o histórico de uso do fragmento será mais determinante sobre a estrutura e diversidade florística do fragmento do que o efeito de borda (Carvalho *et al.*, 2008; Nessa e Morinb, 2008).

O efeito de borda em fragmentos florestais também será influenciado pela estrutura da vegetação da matriz, onde esta tem possibilidade de minimizar os efeitos negativos do ambiente de borda, principalmente em fragmentos pequenos (Mesquita *et al.*, 1999). De acordo com Rodrigues e Nascimento (2005) a matriz representada por capoeira assume um papel protetor minimizando o efeito de borda, já a matriz compostas por plantações e pastos podem ter influencia negativa sobre o fragmento.

Estudos realizados em fragmentos de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro demonstram que fragmentos pequenos apresentam efeitos da fragmentação sobre a estrutura e composição florística, estando estes menos preservados em relação a fragmentos maiores e em geral se encontram em estágio sucessional intermediário com elevada densidade de espécies de estágio sucessional secundário (Carvalho *et al.*, 2006; 2008; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008), o que parece refletir a redução da área do fragmento associada ao uso do fragmento. Estes estudos mostraram que os fragmentos pequenos e mais alongados foram mais afetados pelos efeitos da fragmentação (Laurance *et al.*, 1998; Vidal *et al.*, 2007; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008), como aumento na mortalidade de árvores e mudanças na estrutura e diversidade vegetal do fragmento (Laurance *et al.*, 1997; Laurance *et al.*, 1998; 2006). Laurance *et al.* (2006) verificaram um aumento significativo na densidade e área basal de espécies arbóreas sucessionais na borda de fragmentos de 1 a 100 há após 13 e

17 anos de fragmentação na Amazônia, onde as árvores de estágios sucessionais triplicaram em abundância nas bordas dos fragmentos, como resultado da elevada mortalidade de árvores. Estes resultados sugerem que espécies sucessionais aumentam progressivamente com a idade do fragmento.

1.4. Efeitos da fragmentação sobre a ciclagem de nutrientes

A significativa diminuição da cobertura vegetal resultante dos processos de fragmentação e o conseqüente efeito de borda podem, segundo (Kapos, 1997) causar o decréscimo da biodiversidade e da biomassa. Sabe-se que a alteração na diversidade arbórea (Villela e Proctor, 1999;2002; Vitousek, 2004) e, ou a diminuição da biomassa (Martinelli *et al.*, 2000) interferem de forma significativa no aporte e estoque de nutrientes no ambiente e afetar a ciclagem de nutrientes. Alguns estudos sobre a ciclagem de nutrientes mostram efeitos da fragmentação sobre a produção de serapilheira em florestas da Amazônia (Vasconcelos e Luizão, 2004; Rubinstein e Vasconcelos, 2005) e da Mata Atlântica (Nascimento, 2005; Portela e Santos, 2007; Vidal *et al.*, 2007), sobre o processo de decomposição (Didham, 1998; Didham e Lawton, 1999; Gama, 2005) e estoque de serapilheira sobre o solo (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008).

O efeito de borda tem sido citado como fator de interferência na ciclagem de nutrientes em florestas tropicais. Existem relatos de alterações no padrão de produção de folhas da serapilheira (Vasconcelos e Luizão, 2004) e de decomposição (Didham, 1998), em florestas Amazônicas, devido principalmente, às mudanças na composição de espécies no ambiente de borda. Na Mata atlântica, os efeitos encontrados foram a diminuição da produção da serapilheira (Vidal *et al.*, 2007), a alteração da qualidade nutricional (Nascimento, 2005) e a velocidade de decomposição da serapilheira (Gama, 2005).

O tamanho do fragmento é outro fator que interfere na ciclagem de nutrientes, uma vez que os fragmentos pequenos estão mais sujeitos aos efeitos da fragmentação (Laurance *et al.*, 1998; Vidal *et al.*, 2007; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008) como o efeito de borda, que provoca mudanças microclimáticas na área de borda do fragmento, devido a maior entrada de radiação e vento (Kapos, 1989; Murcia, 1995; Laurance *et al.*, 1998; Laurance *et al.*, 2002). Estes fatores favorecem o aumento na mortalidade de árvores, resultando em mudanças na estrutura e diversidade vegetal do fragmento (Laurance *et al.*, 1997; Laurance *et*

al., 1998). Estudos que buscam avaliar o efeito do tamanho do fragmento sobre a produção de serapilheira encontram uma menor produção em fragmentos menores em relação aos fragmentos maiores (Ferreira, 2007; Vidal *et al.* 2007; Portela e Santos 2007), o qual sugere os autores um efeito indireto do tamanho do fragmento. Contudo, é preciso considerar que as características de cada fragmento como estrutura, diversidade florística e dominância de espécies secundárias resultantes dos efeitos da fragmentação parecem ter um efeito incisivo sobre a produção de serapilheira (Portela e Santos, 2007).

De acordo com Portela e Santos (2007) e Vidal *et al.* (2007) a origem e a idade do fragmento são prováveis fatores que fazem com que a estrutura da floresta passe a ter um papel importante na determinação da produção de serapilheira. O estágio sucessional de fragmentos pequenos resultante da fragmentação traz mudanças significativas no padrão de ciclagem de nutrientes da floresta, pois a mudança na composição de espécies, produção de folhas de espécies dominantes afetam a qualidade nutricional da serapilheira produzida (Portela e Santos, 2007; Read e Lawrence, 2003), e com isso é possível a alteração da entrada de nutrientes no ambiente através da serapilheira.

1.5. O cenário atual da Mata Atlântica

No Brasil, a Mata Atlântica representa o ecossistema que mais sofreu com a interferência do homem. Em sua formação original, ela compreendia uma área superior a 1,3 milhões de km². Hoje, restam apenas 7% da sua cobertura original. Destes, a maior parte está fragmentada, sofrem contínua perda de biomassa vegetal (Morellato e Haddad, 2000; Ecossistemas, 2001). A perda da Mata Atlântica é bastante preocupante já que esta é considerada um dos principais centros de biodiversidade de espécies endêmicas do mundo (Mares, 2000). Atualmente a maior parte dos remanescentes de Mata Atlântica tem tamanho inferior a 1000 ha e se encontram em propriedades privadas (Fonseca, 1985).

Os fragmentos maiores de Mata Atlântica apresentam-se, em geral, em melhor estado do que os pequenos, podendo manter com maior eficiência as populações de plantas e os processos ecológicos (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008). No entanto, verifica-se que os fragmentos pequenos também são importantes na paisagem, pois representam uma amostra da heterogeneidade

espacial original do ambiente, sendo importantes para conservação de populações remanescentes (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2008).

Procópio-de-Oliveira *et al.* (2008) avaliando a qualidade do habitat da área de ocorrência do mico-leão-dourado, verificaram que o processo de fragmentação alterou a qualidade da vegetação desses remanescentes florestais, que reduzem substancialmente a diversidade de frutíferas arbóreas importantes para a fauna (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008). Os resultados obtidos por Carvalho *et al.* (2005; 2006 e 2007) de estrutura e florística da comunidade arbórea e por Fraga (2007), para a comunidade de plântulas nas mesmas áreas citadas acima, mostraram que os fragmentos florestais da região da APA da bacia do rio São João assumem grande relevância na manutenção da riqueza da flora arbórea local. Segundo os autores esses fragmentos apresentam boa representatividade florística, no qual foram identificadas espécies da flora ameaçadas de extinção, entre elas: *Melanoxylon brauna*, *Bauhinia smiacina* e *Dalbergia nigra*.

Avaliando as informações acima sobre os remanescentes florestais da APA da bacia do rio São João, é preciso considerar que possíveis alterações na estrutura e diversidade vegetal e principalmente na biomassa resultantes da fragmentação nessas áreas, trazem alterações no padrão de ciclagem da floresta. Por isso, são necessárias informações a respeito da ciclagem de nutrientes nestas áreas para que sirvam como ferramentas para programas de manejo.

Apesar do avanço e interesse em estudos relacionados ao efeito da fragmentação em florestas, ainda são poucos os que visam compreender o efeito deste impacto sobre a ciclagem de nutrientes na Mata Atlântica, sendo estes apenas relativos à produção de serapilheira (Portela e Santos, 2007; Vidal *et al.*, 2007) e aporte de nutrientes (Nascimento, 2005). Porém, nenhum estudo buscou avaliar o efeito da fragmentação destas florestas sobre a retranslocação e a concentração de nutrientes em folhas de espécies arbóreas. Estes estudos são encontrados para outras florestas tropicais (Vistousek e Santford, 1986; Drechsel e Zech, 1991; Boeger *et al.*, 2005), sendo necessário à ampliação de estudos mais especificamente em Mata Atlântica.

OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito do tamanho do fragmento sobre aspectos da ciclagem de nutrientes em remanescentes de Mata Atlântica que se diferenciam quanto ao tamanho na região da APA da bacia do rio São João, RJ.

HIPÓTESE

Dentro deste contexto, o presente estudo visou testar a hipótese de que o tamanho do fragmento altera a ciclagem de nutrientes em fragmentos de Mata Atlântica de baixada na região da APA da bacia do rio São João, RJ.

CAPÍTULO 2: ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na região de baixadas do Rio de Janeiro, inseridos na Área de Proteção Ambiental da bacia do rio São João (APA) (Figura 2.1). Esta região apresenta vários remanescentes florestais de Mata Atlântica de baixada a sub-montana, com vegetação caracterizada como floresta ombrófila densa, que se encontra em diferentes estádios sucessionais de regeneração natural (Carvalho *et al.*, 2006; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008).

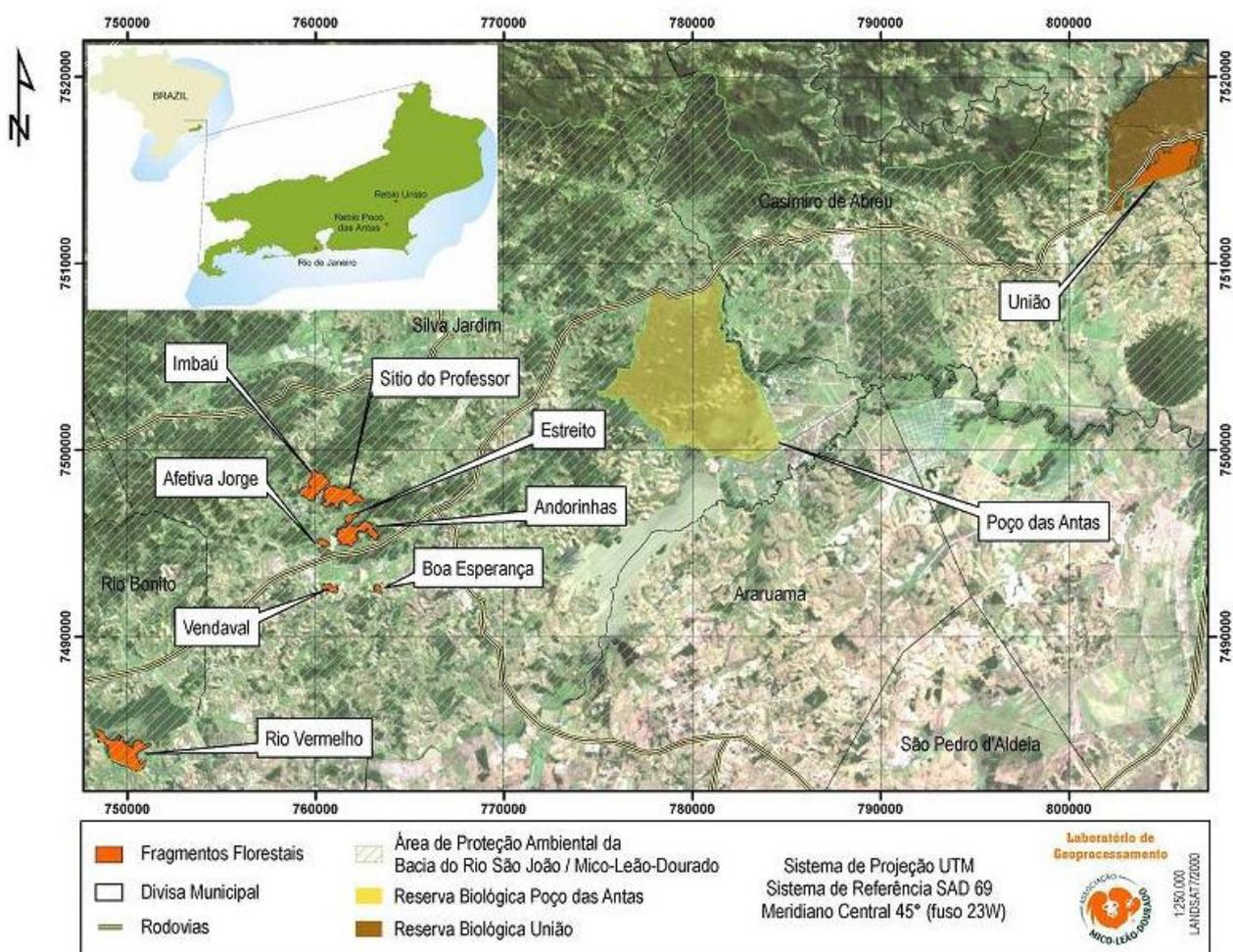


Figura 2.1: Mapa com a localização dos fragmentos estudados na região de Imbaú, Silva Jardim, RJ e Rio das Ostras, RJ. Fonte: Setor de Geoprocessamento Associação Mico-Leão-Dourado.

O clima da região é caracterizado como tropical úmido com temperaturas médias mensais variando de 21,8 a 29,0 °C e precipitação média anual de 1.995 mm. O período chuvoso vai de setembro a março (Figura 2.2).

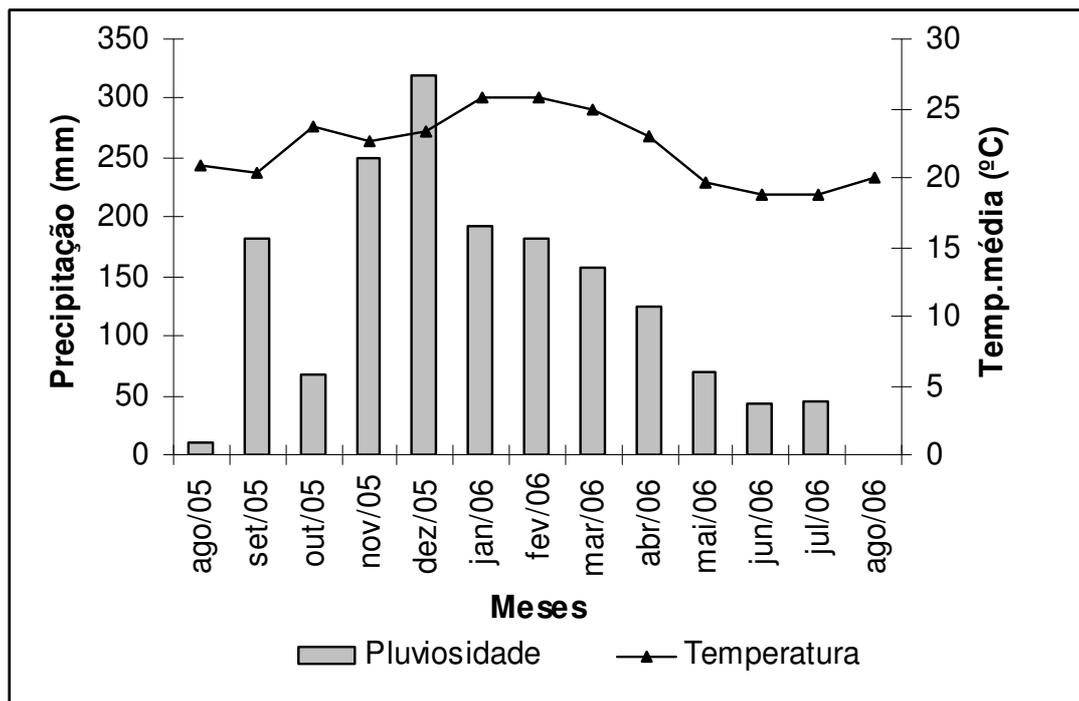


Figura 2.2: Precipitação pluviométrica na região de Ostras, RJ. Fonte: Associação Mico-Leão-Dourado.

2.1. Seleção dos fragmentos

Para o presente trabalho foram utilizados nove fragmentos da APA da bacia do rio São João, separados por classe de tamanho: três pequenos “Afetiva” 25,5 ha, “Estreito” 23,3 ha, “Vendaval” 33,5 ha; três médios “Andorinhas” 145 ha, “Sitio Professor” 155 ha, “Imbaú” 130 ha; e três grandes “Rio Vermelho” 406 ha, “União 500” ha e “União 2300” ha. Estes fragmentos são importantes áreas de ocorrência do mico-leão-dourado onde são desenvolvidos outros estudos com objetivo de avaliar a qualidade do hábitat desta espécie, tais como: avaliação da estrutura e diversidade florística dos fragmentos (Carvalho *et al.*, 2006) e avaliação da biomassa arbórea e estoques de nutrientes (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008).

Os fragmentos de Mata Atlântica da APA da bacia do rio São João, encontram-se fragmentados desde as décadas de 50-70, tendo como principais matrizes, pasto e pequenas culturas de subsistência (Carvalho *et al.*, 2006), e

distanciam de 2 a 61 km entre si, apresentam diferenças quanto ao grau de isolamento (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008).

Os fragmentos pequenos e os médios do presente estudo são semelhantes entre si quanto às características estruturais e quanto à composição florística, no qual apresentam menor diversidade florística em relação a mata madura da Rebio União (2300 ha) e Rebio União 500 (Tabela 2.1), estando os fragmentos pequenos e médios menos preservados em relação aos fragmentos grandes (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2006; 2008). Os fragmentos pequenos e médios se encontram em estágio sucessional intermediário, com uma elevada densidade de espécies secundárias iniciais, resultante dos efeitos da fragmentação (Carvalho *et al.*, 2006; 2007; 2008).

Tabela 2.1 Dados estruturais (riqueza e diversidade florística) dos fragmentos da APA da bacia do Rio São João de espécies vegetais arbóreas com DAP ≥ 5 CM e DAP ≥ 10 cm. * Dados de Carvalho, (2005). ** Dados de Rodrigues, (2005).

Fragmentos	Número de espécies		Diversidade (H')	
	≥ 5 cm	≥ 10 cm	≥ 5 cm	≥ 10 cm
*Afetiva (19 ha)	66	39	3,56	3,33
*Estreito (21 ha)	46	24	3,28	2,11
*Vendaval (33,5 ha)	46	31	2,89	3,10
Imbaú (130 ha)	59	44	3,44	3,06
*Andorinhas (145 ha)	76	51	3,85	3,34
*Sítio do Professor (155 há)	58	37	3,26	2,85
*Rio Vermelho	106	106	3,83	3,91
*Rebio União (500 ha)	83		4,04	
**Rebio União (2300 ha)		800		4,40

Os resultados de estrutura e florística obtidos por Procópio-de-Oliveira *et al.* (2008) nos fragmentos pequenos e médios do presente estudo demonstraram que as espécies mais importantes são: *Guarea guidonia*; *Cupania obl.ongifolia*; *Plathymenia foliolosa*; *Guapira nitida*; *Siparuna guianensis*. No entanto, apesar do tamanho pequeno e do histórico de perturbação, esses fragmentos apresentam características importantes para conservação (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2008). Esses fragmentos estão em áreas de fazendas particulares, portanto ainda sujeitas a pressões antrópicas (Tabela 2.2). De acordo Procópio -de-Oliveira *et al.* (2008), os fragmentos pequenos apresentaram altos valores de mortalidade arbórea (de 9% a 18%), o que esta associado aos efeitos nocivos da fragmentação florestal.

O fragmento de Mata Atlântica da REBIO União (2300 ha), localizado no distrito de Rocha Leão, município de Rio das Ostras, RJ, é considerado entre os demais fragmentos o mais preservado (Rodrigues, 2004; Carvalho *et al.*, 2008).

Tabela 2. 2: Histórico de perturbação antrópica nos fragmentos Afetiva, Estreito e Vendaval na região de Imbaú, Silva Jardim – RJ. * extraído de Carvalho (2005) e ** extraído de Fraga (2007).

Fragmento	Matriz Circundante	Perturbações Recentes	Observações
Afetiva *	Pastos, pequena cultura de coco e frutas cítricas, pequena faixa de capoeira em suas bordas.	Vestígios de corte de arvoretas, para provável confecção de cabos para ferramentas. Sem informações sobre queimadas recentes.	Fragmento muito impactado no passado pela extração de madeira, palmito e caça. Encontra-se em área vulnerável à entrada de qualquer pessoa.
Estreito *	Pastos, estrada de 10 m em parte de sua borda. Sem capoeiras em suas bordas.	Vestígios de corte de árvores e arvoretas, para provável confecção de cabos para ferramentas e moirões. Sem informações sobre queimadas recentes.	Fragmento muito impactado no passado pela extração de madeira palmito e caça. Encontra-se em área particular protegida pelo proprietário.
Vendaval**	Pasto, culturas de frutas cítricas, áreas de capoeira na borda.	Vestígios de corte de arvoretas e árvores. Sem registro de queimadas recentes.	Fragmento muito impactado. Encontra-se em uma área exposta e vulnerável a entrada de qualquer pessoa.
Andorinhas *	Pastos, pequenas culturas de cana-de-açúcar e banana, pequena faixa de capoeira em suas bordas. Estrada de 5 m em uma de suas bordas.	Vestígios de plantação de café em seu sub-bosque; presença de girais para caça. Queimada recente (~10 anos) em parte de sua borda oeste.	Fragmento muito impactado no passado pela extração de madeira, palmito e caça. Encontra-se em área vulnerável à entrada de qualquer pessoa.
Imbaú *	Pastos, pequena cultura de mandioca e banana. Extensa faixa de capoeira em suas bordas.	Vestígios de corte de palmito e presença de uma pequena plantação de banana em seu interior. Sem informações sobre queimadas recentes.	Fragmento pouco impactado no passado pela extração de madeira. Sem informações sobre caça e extração de palmito. Encontra-se em área particular protegida pelo proprietário.
Sítio do Professor *	Pasto, extensa faixa de capoeira em suas bordas.	Vestígios de corte de palmito, plantas ornamentais rasteiras se alastrando em uma das bordas. Sem informações sobre queimadas recentes.	Fragmento pouco impactado. Encontra-se bem protegido pelo proprietário há algumas décadas. É uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

Rio Vermelho**	Pasto com áreas de capoeira na borda.	Vestígio de corte de árvores e arvoretas. Sem informações de queimadas recentes.	Fragmento menos impactado, mas ainda suscetível a atividades antrópicas, como corte seletivo de madeira, caça e queimadas. Encontra-se em propriedade particular.
União500**	Pasto; área circundada por plantio de Eucalipto <i>Corymbia citriodora</i> .	Não observada.	Fragmento impactado no passado através da extração seletiva de madeira, caça e extração de palmito. Faz parte à área da REBIO União, protegido pelo IBAMA.
União 2300**	Pasto; área circundada por plantio de Eucalipto <i>Corymbia citriodora</i>	Não observada.	Fragmento impactado no passado através da extração seletiva de madeira, caça e extração de palmito. Faz parte à área da REBIO União, protegido pelo IBAMA.

Continuação tabela 2.2.

Os solos dos fragmentos estudados são do tipo Latossolo Amarelo Distrófico e Vermelho Amarelo Distrófico, com exceção do fragmento Estreito (EST) que apresenta solo hidromórfico (Gleissolo Hápico) de acordo com Lima *et al.* (2006) (Tabela 2.3). As concentrações de macro nutrientes no solo superficial são em geral similares entre as classes de fragmentos, K (0,1 – 0,2 mg/g), C (2,0 - 3,1 %), N (0,2 - 0,3 %) com exceção do Mg que foi significativamente maior nos fragmentos médios (5,3 mg/g) em relação aos fragmentos pequenos (3,9 mg/g) e grandes (3,1 mg/g) e do Ca que foi significativamente maior nos fragmentos pequenos (0,5 mg/g) do que nos médios (0,4 mg/g) e nos grandes (0,3 mg/g) (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008). A concentração de N e P foi significativamente maior nos fragmentos pequenos em relação aos fragmentos grandes (Anexo 2.1).

Tabela 2.3: Classificação dos solos dos fragmentos florestais estudados da região da bacia do rio São João, RJ (Lima *et al.* 2006 - Embrapa Solos 2006).

Fragmento	Área (ha)	Classificação Pedológica
Estreito	21	Gleissolo Hápico a Eutrófico moderado; textura média; relevo suave ondulado – plano
Afetiva	19	Latossolo marelo Distrófico argissólico a moderado; textura média/argilosa; relevo ondulado – forte ondulado
Vendaval	26	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico argissólico típico a moderado; textura argilosa; relevo suave ondulado.
Imbaú	130	Latossolo Amarelo Distrófico Lato; relevo ondulado – forte ondulado.
Sítio do Professor	155	Latossolo Amarelo Distrófico; relevo ondulado – forte ondulado.
Andorinhas	145	Latossolo Amarelo Distrófico; relevo ondulado – forte ondulado.
Rebio União	500	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico latossólico a moderado; textura média/argilos; relevo suave/ondulado
Rebio União	2300	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico latossólico a moderado; textura média/argilos; relevo suave/ondulado
Rio Vermelho	500	Latossolo Amarelo Distrófico típico a moderado; textura média argilosa; relevo suave/ondulado

2.1. Desenho experimental

Para o presente estudo foram alocadas quatro parcelas de 400 m² (20 X 20 m) no interior dos fragmentos pequenos (Afetiva, Estreito e Vendaval), e de 1000 m² (20 x 50 m) no interior dos demais fragmentos. Essas parcelas foram alocadas a uma distância de aproximadamente 100 metros da borda.

CAPÍTULO 3. NUTRIENTES FOLIARES DE ESPÉCIES ARBÓREAS NA MATA ATLÂNTICA DE BAIXADA NA APA DA BACIA DO RIO SÃO JOÃO, RJ: EFEITO DO TAMANHO DO FRAGMENTO

3.1. INTRODUÇÃO

A limitação de nutrientes tem sido demonstrada na literatura como um fator importante para a produtividade de ecossistemas florestais (Proctor, 1983; Jordam, 1985; Proctor, 1989; Breemem, 1995; Lodhival e Lodhival, 2003; Vitousek, 1982; 2004). Essa limitação pode ser avaliada através da disponibilidade de nutrientes no solo associada à concentração de nutrientes em folhas (Aerts e Chapim, 2000; Vitousek, 2004). Entretanto, plantas que crescem em solos pobres em nutrientes podem apresentar maior concentração de nutrientes em relação a plantas de solos com boa disponibilidade de nutrientes (Aerts e Chapim, 2000), em função do desenvolvimento de estratégias de conservação de nutrientes nos tecidos foliares (Carrera *et al.*, 2003; Satti *et al.*, 2003). Neste sentido, a análise de nutrientes foliares pode ser usada na identificação de possíveis efeitos de perturbações sobre a disponibilidade de nutrientes do ambiente.

Os processos de fragmentação têm causado a diminuição da biodiversidade e da biomassa do fragmento (Rodrigues e Nascimento, 2006; Carvalho *et al.*, 2006). Neste caso, a remoção dos indivíduos da floresta pode interferir de forma significativa na entrada de nutrientes para o ambiente e alterar a dinâmica do ecossistema (Martinelli *et al.*, 2000). Alguns estudos demonstram que fragmentos menores estão mais sujeitos aos efeitos da fragmentação (Camargo e Kapos, 1995; Rodrigues e Nascimento, 2006), como mudanças no padrão da vegetação (Laurance *et al.*, 1998; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008) e na dinâmica do ecossistema (Saunders *et al.*, 1991) assim como a diminuição na produção de serapilheira (Vidal *et al.*, 2007; Portela e Santos 2007). Essas mudanças podem alterar o padrão da ciclagem de nutrientes (Vitousek, 2004) podendo gerar um quadro limitação nutricional, o que pode afetar a regeneração e desenvolvimento da comunidade vegetal. Estudos em remanescente florestais na região da bacia do rio São João, RJ, verificou que o processo de fragmentação alterou a qualidade da

vegetação desses remanescentes florestais e o estoque de serapilheira em fragmentos menores como resultado da diminuição de árvores de grande porte nos fragmentos pequenos em relação aos maiores (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008).

Apesar do avanço e interesse em estudos relacionados ao efeito da fragmentação em florestas, poucos visam compreender este impacto sobre o estoque e a ciclagem de nutrientes, tais como os relacionados a estudos de decomposição na Amazônia (Didham, 1998; Rubinstein e Vasconcelos, 2005) e produção de serapilheira na Amazônia (Vasconcelos e Luizão, 2004) e na Mata Atlântica (Nascimento, 2005; Portela e Santos, 2007; Vidal *et al.*, 2007).

Alguns estudos avaliaram a concentração de nutrientes foliares em floresta tropicais (Drechsel e Zech, 1991; Boeger *et al.*, 2005). Entretanto, nenhum buscou estudar o efeito da fragmentação florestal sobre a concentração de nutrientes em folhas.

3.2. OBJETIVO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a concentração de macronutrientes em folhas adultas de duas espécies arbóreas (*G.guidonia guidonia* (L.) Sleum. e *Cupania oblongifolia* Mart.) em fragmentos de Mata Atlântica que diferenciam-se quanto a classe de tamanho na região de baixada do Rio de Janeiro.

3.3. HIPÓTESE.

Dentro deste contexto, o presente estudo visou testar a hipótese de que as concentrações de macro-nutrientes nas folhas das duas espécies estudadas são alteradas pelo tamanho do fragmento em áreas de Mata Atlântica.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1. Área de Estudo:

Fragmentos estudados - Para o presente trabalho foram utilizados nove fragmentos desta região classificados em classes de tamanho: três pequenos ("Afetiva" 25,5 ha, "Estreito" 23,3 ha, "Vendaval" 33,5 ha); três médios ("Andorinhas" 145 ha, "Sitio Professor" 155 ha, "Imbaú" 130 ha,); e três grandes ("Rio Vermelho" 406 ha, "União 500" ha e "União 2300" ha). As demais

informações a respeito da área de estudo foram descritas no capítulo 2 desta tese.

Vinte folhas adultas (caracterizadas pela coloração verde escura) foram coletadas aleatoriamente na porção inferior de cada uma das copas de seis árvores de *G.guidonia* e seis de *C.oblongifolia* no interior de cada um dos nove fragmentos estudados na estação seca (25 de agosto de 2005). As folhas de *C.oblongifolia* não foram coletadas no fragmento “União 500”, pois neste não foram encontrados indivíduos desta espécie. A seleção das espécies baseou-se alto valor de cobertura (*G.guidonia* = 22,41; *C.oblongifolia* = 11,12) e de dominância relativa (*G.guidonia* = 14,55; *C.oblongifolia* = 5,04) apresentado por essas espécies em todos os fragmentos, exceto Rebio União 2300 (Carvalho *et al.*, 2006). Essas espécies são de estágio secundário inicial e a presença delas nos fragmentos pequenos e médios se deve ao estágio sucessional intermediário em que se encontram esses fragmentos (Carvalho *et al.*, 2006).

As folhas foram lavadas com água corrente e água deionizada, secas a 60°C até atingir peso constante, moídas em moinho elétrico de faca e homogenizadas em grau e pistilo. As determinações de C e N totais foram feitas em amostras secas utilizando-se um auto-analisador de CHNS/O (Perkin Elmer 2400). Para extração de Ca, Mg e K sub-amostras (0,20 g) foram digeridas em solução de ácido sulfúrico concentrado (350 ml), água oxigenada 100 volumes (420 ml), selênio (0,42 g) como catalisador e sulfato de lítio (14 g) (Allen, 1989) e as determinações foram feitas em espectrofotometria de emissão por plasma induzido (ICP/AES-Varian). Todo o procedimento analítico foi realizado no Laboratório de Ciências Ambiental (LCA) na UENF, RJ. Os coeficientes de variação entre as réplicas analíticas foram: Ca 1,4 – 10,5%; Mg 3,4 – 14%; K 6,6 – 14 %; C 1 – 4% e N 2 – 8%. O percentual de recuperação dos nutrientes através da digestão ácida do padrão internacional de folhas de maçã (Standard Reference Material: apple leaves. U.S. Department of Commerce Natural Institute of Technology. Gaithers Burg, MD20899) foram entre: 83% (Ca) a 92% (Mg).

Para a normalização dos dados, estes foram transformados em arco-seno. As comparações das concentrações de nutrientes entre as classes de fragmentos foram feitas através de análises de variância agrupada (ANOVA “*nested design*”), considerando cada fragmento como fator randômico dentro de cada categoria de tamanho (fator fixo). A comparação entre espécies dentro de

cada categoria de tamanho foi feita através do teste t de Student (Zar, 1999). Foram utilizadas correlações de Pearson para avaliar a relação da concentração de nutrientes nas folhas das espécies com os tamanhos dos fragmentos e com os parâmetros dos solos de cada fragmento obtidos por Procópio-de-Oliveira *et al.* (2008).

3.5. RESULTADOS

As concentrações de nutrientes nas folhas de *G.guidonia* e *C.oblongifolia* com exceção do Mg não diferiram significativamente entre as classes de tamanho (Tabela 3.1). Porém, embora não significativa, as concentrações de Ca nas folhas das duas espécies estudadas tenderam a ser maiores nas classes de fragmentos pequenos e médios do que nos grandes (Tabela 3.1). As concentrações de Mg em folhas de *C.oblongifolia* foram significativamente maiores nos fragmentos pequenos em relação aos fragmentos médios e grandes, os quais apresentaram concentrações similares entre si (Tabela 3.1). As folhas de *C.oblongifolia* apresentaram maiores concentrações de Mg em relação às de *G.guidonia* nos fragmentos pequenos e médios (Tabela 3.1). A concentração de N e razão C/N nas folhas das duas espécies foram similares entre as classes de fragmentos (Tabela 3.1).

As concentrações dos nutrientes nas folhas de *G.guidonia* não apresentaram relações significativas com as concentrações de nutrientes no solo (Tabela 3.2). As concentrações de Ca e K em folhas de *C.oblongifolia* apresentaram correlações significativamente positivas com as concentrações destes elementos no solo (Tabela 3.2).

Tabela 3.1: Concentração de macro-nutrientes (mg/g) e relação C/N em folhas adultas de *G.guidonia* e *C. oblongifolia* em classes de tamanho de fragmentos de Mata Atlântica de baixada na região de Imbaú, Silva Jardim, RJ (Anexo 3.1). Os valores representam médias de 5 folhas de *G.guidonia* por árvore (n=4 por fragmento) em cada um dos 6 fragmento. Letras maiúsculas diferentes entre linhas na mesma coluna para o mesmo nutriente e mesma espécie indicam diferenças significativas entre classes de fragmentos (ANOVA “*nested design*” $p \leq 0,05$). Letras minúsculas entre linhas na mesma coluna para o mesmo nutriente indicam diferenças entre espécies (Teste t de Studente, $p \leq 0,05$).

CLASSES DE FRAGMENTO	Ca	Mg	K	C (%)	N (%)	C/N
Fragmentos Pequenos						
<i>G.guidonia</i>	6,1±2,0	3,0±0,1 b	22,8±6,2	44,4±2,5	4,6±0,2	10
<i>C.oblongifolia</i>	7,9±1,2	5,0±0,8 Aa	31,4±17,6	43,3±2,8	4,3±0,2	10
Fragmentos Médios						
<i>G.guidonia</i>	7,0±0,9	2,9±0,6 b	29,2±7,6	45,8±0,7	5,2±0,1 a	9
<i>C.oblongifolia</i>	6,3±2,0	4,0±0,3 Ba	37,3±11,3	45,5±1,2	4,7±0,2 b	10
Fragmentos Grandes						
<i>G.guidonia</i>	5,2±1,2	3,0±0,3	20,4±10,6	49,5±7,5	5,0±1,1 a	10
<i>C.oblongifolia</i>	5,0±1,6	3,5±0,7 B	23,8±7,9	45,9±0,2	4,4±0,2 b	10

Tabela 3.2. Correlação entre a concentração de nutrientes em folhas adultas *G.guidonia* e *C.oblongifolia* com a concentração de nutrientes no solo.

Concentração de nutrientes nas espécies (mg/g)	Concentração de nutrientes no solo (mg/g)				
	Ca	Mg	K	C	N
<i>G. guidonia</i>	0,507ns	0,104ns	0,763ns	0,676ns	0,599ns
<i>C.oblongifolia</i>	0,993*	0,018ns	0,968*	0,105ns	0,440ns

* (Correlação de Pearson, $p \leq 0,05$); ns = não significativo.

3.6. DISCUSSÃO

3.6.1. Concentração de macro-nutrientes em folhas de *G.guidonia* e *C.oblongifolia*: Comparação com outras formações florestais

As concentrações médias de Ca encontradas neste estudo se encontram na faixa de valores reportados para outras áreas de florestas tropicais (Tabela 3.3). As concentrações médias de Mg e são similares aos valores encontrados por Boeger *et al.* (2005) para mata em estágio sucessional inicial e intermediário, e acima dos valores encontrados por Thompson *et al.*, (1992), para floresta amazônica, caracterizada como madura (Tabela 3.3), evidenciando o fato de que espécies de estágio sucessional secundário apresentam maiores concentrações de Mg em relação a espécies de estágio maduro.

Os valores de K encontrados neste estudo estão acima da maioria dos reportados para outras florestas tropicais (Tabela 3.3), assemelhando-se apenas a algumas florestas Mesofítica e Amazônica, indicando que o K não é limitante nos fragmentos estudados. Os resultados das concentrações deste elemento no solo dos fragmentos pequenos também não indicam uma limitação deste elemento quando comparado aos fragmentos grandes (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2006). Com isso, verifica-se a existência de um processo de retenção deste elemento nos tecidos das espécies estudadas, o que pode estar relacionado com o estágio de vida destas espécies, já que espécies secundárias possuem capacidade de reciclar maior quantidade de nutrientes (Kellman, 1969).

A razão C/N em ambas as classes de fragmentos encontram-se bem abaixo de valores encontrados por Boeger *et al.* (2005) para áreas de Mata Atlântica (Tabela 3.3). Essa comparação evidencia a qualidade das folhas das espécies estudadas no que diz respeito à razão C/N, o que consequentemente favorece

processos de decomposição e liberação de N (Palm *et al.*, 2001). A alta taxa de decomposição das folhas de *G.guidonia* nos fragmentos pequenos e grandes em relação a valores encontrados para outras áreas de Mata Atlântica (ver capítulo 6), sugere a influência da baixa razão C/N das folhas desta espécie sobre a velocidade de decomposição.

3.6.2. Concentração de macro-nutrientes em folhas de *G.guidonia* e *C.oblongifolia*

A maior concentração de Mg em *C.oblongifolia* em relação às folhas de *G.guidonia* nos fragmentos pequenos e médios (Tabela 3.1) indica uma maior exigência da espécie por este nutriente. No entanto, a concentração de Mg nas folhas de *C.oblongifolia* não respondeu a disponibilidade deste no solo, pois esta concentração não se correlacionou significativamente com a concentração de Mg no solo (r^2 0,031, $p = 0,887$). Já a maior concentração de N em folhas de *G.guidonia* em relação à *C.oblongifolia* nos fragmentos médios e grandes parece indicar uma maior exigência deste elemento por *G.guidonia*.

Tabela 3.3: Concentrações médias (mg/g) dos macro-nutrientes foliares em outras formações florestais tropicais.

Tipo de Floresta	Local	Número de espécies	Ca	Mg	K	C	N	C/N	Autor
Ombrófila Densa de Terras Baixas	Silva Jardim, RJ. (Classe de Fragmento)								
Fragmentos Pequenos		2	7,0	4,0	27,1	438,0	44,6	10	Este Estudo
Fragmentos Médios		2	6,6	3,4	33,2	457,0	50,6	9	Este Estudo
Fragmentos Grandes		2	5,3	3,2	21,0	479,0	46,6	9	Este Estudo
Ombrófila Densa	Paraná								
Estádio inicial		8	8,5	4,5	3,2	522,0	11,8	48	Boeger, et al. (2004)
Estádio intermediário		8	6,1	3,5	4,3	510,0	12,0	44	
Estádio avançado		8	7,4	2,8	5,2	506,0	14,0	38	
									Moraes e Domingos (1997).
Ombrófila Densa	Ilha do Cardoso, SP								
Mata de Restinga		10	10,3	4,9	9,8		31,7		
Mata Atlântica		10	6,6	4,1	3,7		12,9		
Ombrófila Densa de Terras Baixas	Roraima	77	4,7	2,4	10,3		18,8		Thompson et al.(1992)
Restinga Paludosa	Paraná	9	4,9	2,9	5,2	—	—	—	Britez et al. (1997)
Terra firme – Amazônia			7,7	3,3	7,1	—	19,0	—	Martinelli et al. (2000)
Tropical Úmida secundária		1	14,6	5,7	20,9	—	—	—	Herrera e Finegan (1997)

A ausência de correlação significativa entre a concentração de N no solo com a concentração deste elemento em folhas adultas de *G.guidonia* mostrou que esta concentração parece ser influenciada por outros fatores além da disponibilidade de N no solo, o que foi confirmado pela identificação da eficiência de retranslocação de N encontrado para esta espécie (ver capítulo 4) como parcialmente responsável pela alta concentração de N de suas folhas. Dessa forma, espera-se que possíveis limitações de N no solo não sejam refletidas na concentração deste nas folhas de *G.guidonia* (Aerts e Chapin, 2000). Em folhas de *C.oblongifolia* também não foi encontrada correlação significativa da concentração de N de suas folhas com a concentração de N no solo (Tabela 3.2), indicando que nesta espécie outro fator além da disponibilidade de N do solo parece estar influenciando na concentração deste elemento em suas folhas (Aerts e Chapin, 2000).

3.6.3. Efeito do tamanho do fragmento sobre Concentração de macronutrientes em folhas de *G.guidonia* e *C.oblongifolia*

As concentrações de nutrientes nas folhas de *G.guidonia* e *C.oblongifolia* não evidenciaram um efeito do tamanho do fragmento sobre os composição nutricional destas espécies. No entanto, outros estudos têm verificado alterações em aspectos importantes da ciclagem de nutrientes causadas por impactos antrópicos (Villela *et al.*, 2006). Os que têm buscado avaliar o efeito do tamanho do fragmento sobre a produção de serapilheira têm encontrado uma menor produção de serapilheira em fragmentos menores em relação aos fragmentos maiores (Vidal *et al.*, 2007; Portela e Santos 2007), o que pode favorecer um menor aporte de nutrientes nos fragmentos pequenos.

Embora não significativa, as concentrações de Ca nas folhas das duas espécies estudadas tenderam a ser maiores nas classes de fragmentos pequenos e médios do que nos grandes (Tabela 3.1). A correlação significativamente positiva entre a concentração de Ca em folhas de *C.oblongifolia* e a concentração deste no solo dos fragmentos (r^2 0,993, $p = 0,049$), indicam que a maior concentração de Ca nas folhas desta espécie reflete a maior disponibilidade deste elemento no solo dos fragmentos pequenos e médios em relação aos fragmentos grandes (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008). Já em folhas de *G.guidonia*, não foi observada nenhuma relação com a concentração de Ca no solo (r^2 0,507, $p = 0,495$).

A maior concentração de Mg em folhas de *C.oblongifolia* nos fragmentos pequenos foi similar ao padrão encontrado por Nascimento e Villela (no prelo) na borda do fragmento da Rebio 2300, que tem maior concentração deste elemento em folhas da serapilheira em relação ao interior, o que segundo os autores, pode estar relacionado à maior quantidade de espécies pioneiras encontradas na borda (Rodrigues e Nascimento, 2006). Tomando-se como pressuposto que os fragmentos pequenos do presente estudo podem ser considerados uma borda em toda sua extensão no que se refere aos parâmetros estruturais (Carvalho *et al.*, 2006; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008), tal processo pode explicar a maior concentração de Mg em folhas de *C.oblongifolia* nos fragmentos menores, como consequência da maior entrada de radiação nestas áreas mais abertas associada a maior taxa fotossintética (Larcher, 2000). Estudos de Boeger *et al.* (2005) no qual avaliou os nutrientes foliares de espécies arbóreas em três estádios sucessionais no sul do Brasil, encontrou uma maior concentração de Mg no estágio inicial, seguido do estágio intermediário (Tabela 3.3) o que também pode ser devido à maior presença de espécies pioneiras e secundárias.

Embora os fragmentos pequenos apresentem maiores concentrações de N e P no solo em relação aos fragmentos médios e grandes (Lima *et al.*, 2006) as concentrações foliares destes elementos não responderam as estas concentrações. Esses resultados sugerem que os fragmentos pequenos do presente estudo não apresentam uma limitação dos principais macro-nutrientes quando comparados aos fragmentos grandes, indicando que o tamanho do fragmento não interferiu de forma negativa na disponibilidade destes no solo (Lima *et al.*, 2006) ou nas folhas das espécies estudadas.

Apesar de uma análise geral ter demonstrado uma baixa influência da fragmentação sobre as concentrações foliares das espécies estudadas, é preciso considerar que os efeitos da fragmentação podem ter variado diferentemente ao longo do espaço e do tempo, dificultando a simples associação com o tamanho do fragmento. Fraga, (2007), não observou relações do tamanho do fragmento com a densidade, riqueza e diversidade de plântulas de espécies arbóreas nos mesmos fragmentos do presente estudo. De acordo com a autora, estes resultados parecem estar mais relacionados ao histórico de preservação e a heterogeneidade ambiental, como fatores edáficos e de relevo nos fragmentos estudados. Entretanto, a concentração de nutrientes no solo, pouco explicou a concentração das folhas de *G.*

guidonia e *C. oblongifolia* nos fragmentos estudados, o que leva a crer que há outros fatores influenciando no estado nutricional dessas espécies.

3.7. CONCLUSÕES

A concentração da maioria dos nutrientes em folhas das espécies estudadas não foi afetada pelo tamanho dos fragmentos, com exceção da concentração de Mg em folhas de *C.oblongifolia* que foi maior nos fragmentos menores indicando uma influência do tamanho do fragmento.

A alta concentração de N encontrada nas folhas das espécies estudadas quando comparada com outras áreas, indica um possível mecanismo de eficiência de uso deste nutriente.

CAPÍTULO 4. RETRANSLOCAÇÃO DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE *G.guidonia* ((L.)Sleu) Meliaceae NA MATA ATLÂNTICA DE BAIXADA NA APA DA BACIA DO RIO SÃO JOÃO, RJ: EFEITO DO TAMANHO DO FRAGMENTO.

4.1. INTRODUÇÃO

A limitação de nutrientes tem sido demonstrada na literatura como um fator importante para a produtividade de ecossistemas florestais (Proctor, 1989; Vitousek, 2004). Ela pode ser avaliada através de medidas da disponibilidade de nutrientes no solo associada à concentração de nutrientes em folhas (Aerts e Chapin, 2000; Vitousek, 2004), pois essa concentração pode refletir a concentração de nutrientes no solo (Vitousek, 1986; 2004). No entanto, estudos têm demonstrado que plantas que crescem em solos pobres em nutrientes podem apresentar maior concentração de nutrientes em seus tecidos foliares do que plantas de solos com boa disponibilidade de nutrientes (Chapin, 1980). Este padrão pode estar relacionado ao desenvolvimento de estratégias de conservação de nutrientes pela espécie (Wedin e Tilman 1990; Breemen, 1995; Carrera *et al.*, 2003; Satti *et al.*, 2003), tal como a retranslocação de nutrientes de folhas senescentes para as novas (Chapin, 1980; Aerts e Chain 2000), sendo esta considerada como um aspecto de eficiência de uso de nutrientes em plantas (Vitousek, 1982; Cordell *et al.*, 2001).

A retranslocação de nutrientes é representada pela proporção de nutrientes transferidos das folhas senescentes para as novas, e esta proporção indica a eficiência de retranslocação de nutrientes (ERnutrientes). A proeficiência de retranslocação de nutrientes (PRnutrientes) é a concentração de nutrientes em folhas senescentes, que sofre diminuição durante o processo de senescência (Killingbeck, 1996; Aerts e Chapin, 2000; Van Heerwaarden *et al.*, 2003a).

A retranslocação de nutrientes é um importante mecanismo de conservação de nutrientes, no qual a planta diminui a perda de nutrientes para o sistema (Chapin, 1980; 1983). Dessa forma, a retranslocação pode ser considerada um mecanismo fisiológico importante, principalmente para espécies que se desenvolvem em ambientes com baixa disponibilidade de nutrientes no solo (Aerts, 1996). Esta eficiência é observada principalmente para N e P (Lodhiyal e Lodhiyal, 2003), devido a mobilidade e a menor disponibilidade relativa destes elementos, principalmente em solos de florestas tropicais. No entanto, estudos demonstram que a eficiência de retranslocação pode diminuir de acordo com o aumento na concentração desses

elementos em folhas verdes (Kobe *et al.*, 2005), o que sugere boa disponibilidade de nutrientes no solo. Como visto, a retranslocação de nutrientes pode ser considerada um aspecto importante dentro da ciclagem de nutrientes, pois é possível avaliar a relação de tal eficiência com a limitação de nutrientes no solo (Yuan *et al.*, 2005) sendo importante na avaliação de efeitos de distúrbios sobre a disponibilidade de nutrientes no ecossistema.

Estudos em fragmentação florestal têm demonstrado que fragmentos pequenos estão mais sujeitos aos efeitos da fragmentação, tais como, mudanças no padrão da vegetação (Laurance *et al.*, 1998; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008) e na dinâmica do ecossistema (Saunders *et al.*, 1991) e diminuição na produção de serapilheira (Vidal *et al.*, 2007; Portela e Santos 2007). Essas mudanças podem alterar o padrão da ciclagem de nutrientes (Vitousek, 2004) podendo gerar um quadro limitação nutricional, o que pode afetar a regeneração e desenvolvimento da comunidade vegetal.

Apesar do avanço e interesse em estudos relacionados ao efeito da fragmentação em florestas, ainda são poucos os que visam compreender o efeito deste impacto sobre a ciclagem de nutrientes, sendo esses, na maioria, relacionados a estudos de produção de serapilheira (Vasconcelos e Luizão 2004; Nascimento, 2005; Portela e Santos, 2007; Vidal *et al.*, 2007) e de decomposição (Rubinstein, 2001; Didham, 1998). Poucos estudos avaliaram a concentração de nutrientes foliares em floresta tropicais (Vitousek e Sanford, 1986; Drechsel e Zech, 1991) e menos ainda na Mata Atlântica (Boeger *et al.*, 2005) e não se tem registro de uma avaliação dos processos de eficiência de retranslocação associado ao estado de conservação de florestas fragmentadas, como indicador de possível padrão de limitação de nutrientes no solo. Assim, este estudo visa contribuir com a obtenção de conhecimentos sobre os efeitos da fragmentação sobre a retranslocação de nutrientes de uma espécie arbórea em fragmentos de Mata Atlântica da bacia do rio São João, RJ.

4.2. OBJETIVOS

O presente estudo teve-se por objetivo:

1 - Relacionar a eficiência de retranslocação e a proficiência de retranslocação de N, P, Ca, Mg e K com a concentração de nutrientes em folhas

verdes (adultas) e com a concentração desses no solo para entender o padrão de retranslocação de nutrientes da espécie *G. guidonia* em áreas fragmentadas.

2 - Avaliar o efeito do tamanho do fragmento sobre a proeficiência e a eficiência de retranslocação de N, P, Ca, Mg e K, em folhas de *G. guidonia* em seis fragmentos que se diferenciam quanto ao tamanho.

4.3. HIPÓTESE

Dentro deste contexto, o presente estudo visou testar a hipótese de que a eficiência de retranslocação de nutrientes em folhas da espécie *G. guidonia* é afetada pelo tamanho do fragmento em áreas de Mata Atlântica.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1. Área de estudo

Para o presente estudo foram utilizados 6 fragmentos: três pequenos (Afetiva 25,5 ha, Estreito 23,3 ha e Vendaval 33,5 ha) e três grandes (“Rio Vermelho” 406 ha, “União 500” ha e “União 2300” ha). As demais informações a respeito da área de estudo estão descritas no capítulo 2 desta tese.

4.4.2. Retraslocação de Nutrientes em Folhas

Amostragem – Para o presente estudo, cinco folhas adultas (caracterizadas pela coloração verde escura) foram coletadas em agosto de 2005 e cinco folhas senescentes (caracterizadas pela coloração amarela) em janeiro de 2006. Essas folhas foram coletadas aleatoriamente na porção inferior de cada uma das copas de quatro árvores de *G. guidonia* no interior de cada um dos seis fragmentos estudados. A escolha da espécie baseou-se no alto valor de cobertura (IVC = 22,41) e de dominância relativa (DoR = 14,55) apresentado por *G. guidonia* em todos os fragmentos pequenos (Carvalho, 2005).

As folhas foram lavadas com água corrente e água deionizada, secas a 60°C até atingir peso constante e maceradas individualmente em grau e pistilo. Cada folha teve sua área foliar específica (AFE) determinada, na qual a superfície foliar foi medida através do medidor de área superficial (LI-3100 Área Meter) e depois foi dividida pela sua massa (peso seco).

Proeficiência de retranslocação de nutrientes (PRnutrientes) em folhas de *G. guidonia* - A proeficiência de retranslocação de nutrientes foi avaliada através da concentração de nutrientes entre folhas senescentes (Killingbeck, 1996), pois essa concentração sofre diminuição durante o processo de senescência como resultado do processo de retranslocação. Por isso, esta diminuição observada através da comparação com as folhas verdes é um indicador direto da proeficiência de retranslocação (Killingbeck, 1996; Van Heerwaarden *et al.*, 2003).

Cálculo da eficiência de retranslocação de nutrientes (ERN) - A porcentagem de eficiência de retranslocação dos nutrientes foi calculada através da fórmula proposta por Van Heerwaarden *et al.* (2003a) em uma revisão metodológica sobre estimativas de eficiência de retranslocação. Esta fórmula é descrita abaixo:

$$\% \text{ERN} = 100 \times (1 - ([\text{Nu}_{\text{senescente}}] / [\text{Nu}_{\text{verde}}]))$$

Onde, Nu_{verde} corresponde ao conteúdo de nutrientes em folhas verdes e $\text{Nu}_{\text{senescente}}$ o conteúdo desses em folhas senescentes. A eficiência de retranslocação das folhas de *G. guidonia* foi calculada através da unidade de área e unidade de massa, de acordo com o proposto por Van Heerwaarden *et al.* (2003a).

Para o cálculo de eficiência de retranslocação através da unidade de área (conteúdo) a concentração de nutriente (mg/g) de cada folha foi multiplicada pela sua respectiva massa em peso seco (g) e dividida pela sua área (cm^2), para a estimativa do conteúdo absoluto (mg/cm^2) dos nutrientes nas folhas (Villela e Lacerda, 1991). A eficiência de retranslocação calculada através desta unidade é fortemente influenciada pela perda de massa do tecido foliar durante a senescência, pois as folhas podem reduzir a sua massa durante este período. No entanto, plantas com muito material estrutural apresentam menores mudanças durante a senescência (Chapin, 1980; Distel *et al.*, 2003).

A eficiência de retranslocação de nutrientes em folhas de *G. guidonia* também foi calculada através da unidade de massa, que é a concentração de nutrientes de cada folha (Van Heerwaarden *et al.*, 2003b).

4.4.3. Análise química de nutrientes

As determinações de N total foram feitas em alíquotas de peso seco do material vegetal, utilizando-se um auto-analisador de CHNS/O (Perkin Elmer 2400).

Para a extração de P, Ca, K e Mg, sub-amostras (0,20 g) foram digeridas em 4,4 ml de uma solução de ácido sulfúrico concentrado (350 ml), água oxigenada 100 volumes (420 ml), selênio (0,42 g) como catalisador e sulfato de lítio (14 g) solução ácida (Allen, 1989). A determinação dos nutrientes foi feita em espectrofotometria de emissão por plasma induzido (ICP/AES-Varian). As análises químicas das folhas foram realizadas no Laboratório de Ciências Ambientais (LCA) na UENF, RJ.

Os coeficientes de variação entre as réplicas analíticas varia entre: Ca: 2,34 – 9,5%; Mg 2,6 – 15%; K 7,8 – 15 %; e N 2 – 6%. O percentual de recuperação dos nutrientes através da digestão ácida do padrão internacional de folhas de maçã (Standard Reference Material: apple leaves. U.S. Department of Commerce National Institute of Technology. Gaithers Burg, MD20899) variou entre: 83% (Ca) a 92% (Mg).

4.4.4. Análise Estatística

Para a normalização dos dados, esses passaram por transformação arco-seno. As comparações da concentração de nutrientes entre folhas adultas e senescentes em cada fragmento e em cada classe foram feitas através do teste t de Student. A comparação da eficiência de retranslocação de nutrientes entre as classes de tamanho dos fragmentos foi feita através de análises de variância agrupada (ANOVA “*nested design*”), considerando cada fragmento como fator randômico dentro de cada categoria de tamanho (fator fixo) (Zar, 1999).

Correlações de Pearson foram utilizadas para avaliar a relação entre a eficiência de retranslocação de cada nutriente com o tamanho do fragmento, com a concentração de nutrientes nas folhas das espécies e com os parâmetros dos solos dos fragmentos. Os dados de solo utilizados nestas análises foram cedidos pela Embrapa solos (2007), sendo esses obtidos nos mesmos fragmentos do presente estudo (Anexo 2.1).

4.5. RESULTADOS

4.5.1. Proeficiência de retranslocação de nutrientes (PRnutrientes) em folhas de *G. guidonia*

As concentrações de N, P e K em folhas senescentes de *G. guidonia* foram significativamente menores do que em folhas verdes em todos os fragmentos estudados (Tabela 4.1). Esta diminuição indicou a proeficiência de retranslocação

desses nutrientes em folhas de *G. guidonia*. Já as concentrações de Mg foram similares na maioria dos fragmentos com exceção do fragmento Rio Vermelho em que a concentração foi significativamente maior em folhas verdes. A concentração de Ca foi em geral significativamente maior em folhas senescentes (Tabela 4.1). A partir desses dados foi calculada a porcentagem de eficiência de retranslocação de nutrientes (ERnutrientes) apenas para os elementos que apresentaram proeficiência de retranslocação em todos os fragmentos e entre as classes de fragmentos, no caso N, K e P (Tabela 4.1) (Lodhiyal e Lodhiyal, 2003; Killingbeck, 1996).

A concentração da maioria dos nutrientes em folhas verdes e senescentes não apresentaram diferenças significativas entre as classes de fragmentos, com exceção das concentrações de Ca que foram significativamente maiores nos fragmentos pequenos em relação aos grandes, tanto em folhas senescentes quanto em folhas verdes (Tabela.4.1).

4.5.2. Retranslocação de nutrientes em folhas de *G.guidonia*

A eficiência de retranslocação de P (ERP) (Figura 4.1A e 4.1B) e K (ERK) (Figura 4.1C E 4.1.D) em folhas de *G. guidonia* não apresentaram diferenças significativas entre as classes de fragmentos em nenhuma das medidas analisadas (massa e área). Já a eficiência de retranslocação de N (ERN) em folhas de *G. guidonia*, apesar de não apresentar diferenças significativas entre as classes de fragmentos medidas analisadas (Figura 4.1E e 4.1F), tendeu a ser maior nos fragmentos grandes.

A eficiência de retranslocação de P (ERP) apresentou uma relação positiva com a concentração de P em folhas verdes. Porém, não se relacionou com a concentração de P em folhas senescentes (Tabela 4.2). Ao contrário, a ERN nos fragmentos não se relacionou significativamente com a concentração de N em folhas verdes (Tabela 4.2), mas apresentou uma relação significativamente negativa com a concentração de N em folhas senescentes (Tabela 4.2). Já a ERK não se correlacionou com a concentração de K em nenhum estágio foliar (Tabela 4.2).

A avaliação da correlação entre a ERN com os dados do solo dos fragmentos estudados mostrou uma relação significativamente negativa entre a ERN e a concentração de N no solo (Tabela 4.3). Já a correlação com os valores de CTC não apresentou relação significativa (Tabela 4.3). A ERP e a ERK não apresentaram relação significativa com nenhuma das variáveis do solo (Tabela 4.3).

Tabela 4.1: Concentração de nutrientes (mg/g) em folhas verdes (FV) e senescentes (FS) de *G. guidonia* dos fragmentos florestais estudados da região da bacia do rio São João, RJ: Os valores representam médias de 5 folhas de *G.guidonia* por árvore (n=4 por fragmento) em cada um dos 6 fragmento. Letras diferentes entre colunas para o mesmo nutriente indicam diferenças significativas entre folhas verdes e senescentes (Teste t de Studente, $p \leq 0,05$). Letras minúsculas entre linhas para o mesmo nutriente indicam diferenças significativas entre classes de fragmentos (Grandes e Pequenos) (ANOVA “*nested design*”, $p \leq 0,05$).

FRAGMENTO	N FV	N FS	P FV	P FS	K FV	K FS	Mg FV	Mg FS	Ca FV	Ca FS
FRAGMENTOS PEQUENOS										
Afetiva	34,7±1,9 A	24,2±3,5 B	1,69±0,70 A	0,81±0,34 B	21,01±5,47 A	9,66±5,6 B	3,75±0,86	4,10±0,94	5,32±2,69B	8,43±2,77A
Estreito	32,0±2,9 A	24,8±2,0 B	1,71±0,20 A	0,92±0,15 B	18,24±8,04 A	12,47±6,0 B	3,03±0,52	3,15±0,78	8,15±2,46	7,85±2,34
Vendaval	49,5±5,7 A	23,2±3,1 B	1,11±0,22 A	0,58±0,09 B	16,88±7,28 A	8,40±6,1 B	4,06±0,78	3,61±0,67	5,50±2,54B	10,41±3,05A
MÉDIA	39,1±8,3 A	24,1±1,9 B	1,51±0,4 A	0,77±0,2 B	18,71±4,8 A	10,18±4,0 B	3,61±0,60	3,62±0,5	6,32±1,9 Ba	8,89±1,53 Aa
FRAGMENTOS GRANDES										
Rio Vermelho	33,9±3,2 A	22,0±2,7 B	1,37±0,41 A	0,73±0,33 B	14,81±4,84 A	12,45±7,96 B	4,02±1,37 A	2,72±0,92 B	3,35±1,11 B	5,22±2,12 A
União 500	30,7±11,4 A	22,9±2,9 B	1,26±0,26 A	0,75±0,23 B	18,67±6,27 A	7,19±2,38 B	3,46±0,99	3,00±1,22	5,24±1,61 B	7,05±2,64 A
União 2300	46,1±10,5 A	22,9±3,4 B	1,50±0,25 A	0,88±0,25 B	16,96±6,85 A	14,80±4,84 B	3,06±0,84	3,31±0,38	5,80±3,17 B	7,30±2,56 A
MÉDIA	38,5±7,7 A	22,8±2,3 B	1,38±0,7 A	0,79±0,21 B	16,81±3,1 A	9,90±4,80 B	3,51±0,85	3,01±0,7	4,79±1,55 Bb	6,52±1,70 Ab

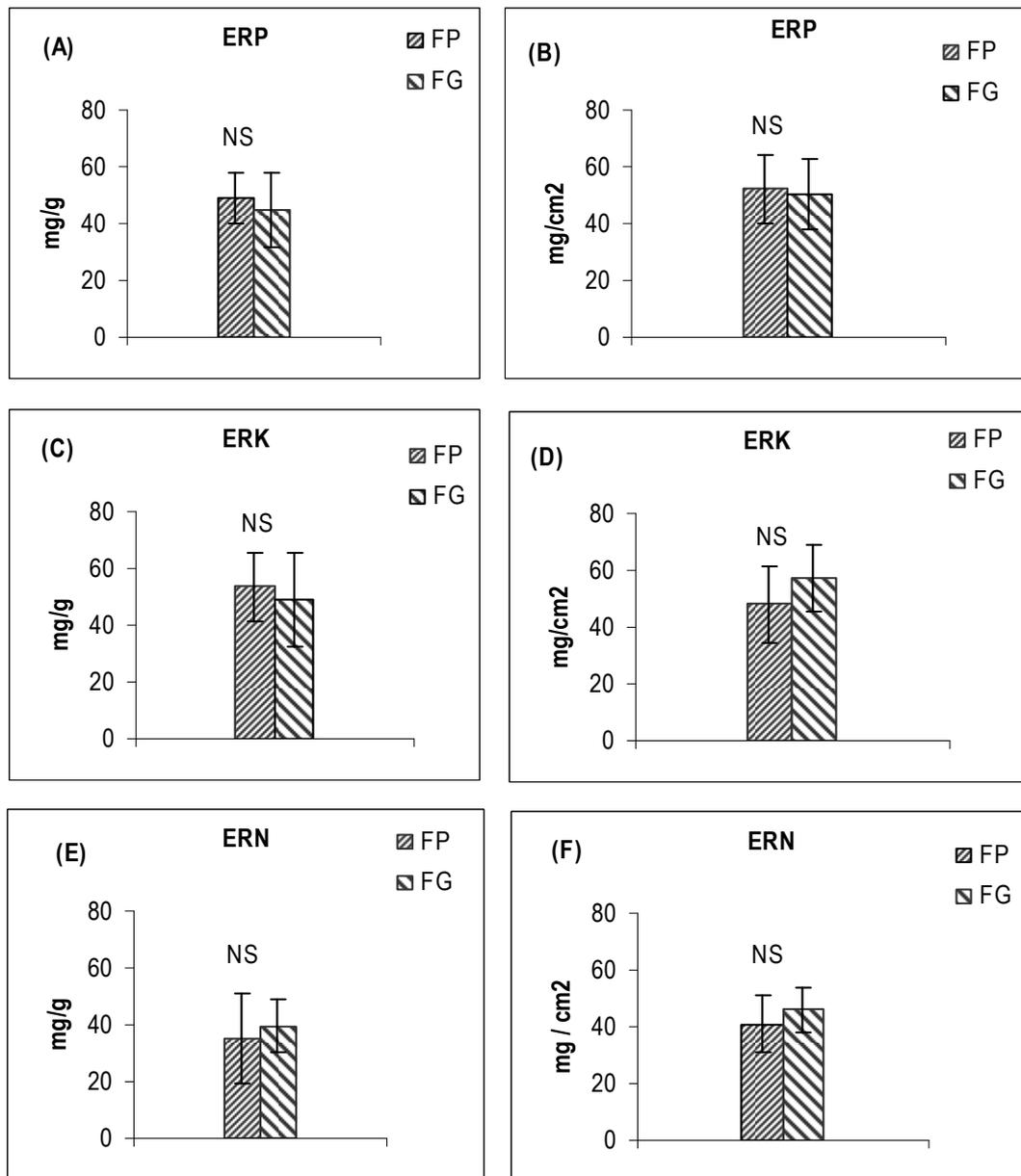


Figura 4.1: Eficiência de retranslocação de N (ERN), P (ERP) e K (ERK) dos fragmentos florestais estudados. A eficiência para cada nutriente foi medida através da unidade de massa (A, C e E) e unidade de área (B, D e F). Os valores expressos em porcentagem de retranslocação se referem às médias dos fragmentos (n=3) por classe: fragmentos pequenos (FP) e fragmentos grandes (FG) (Anexo. 4.2). As barras representam o desvio padrão. NS = não significativo a partir da ANOVA “nested design” $p \leq 0,05$.

Tabela 4.2: Correlação entre a eficiência de retranslocação de N (%ERN), P (%ERP) e K (%ERK) e a concentração de N, P e K em folhas verdes (FV) e senescentes (FS) de *G.guidonia*.

%ERnutrientes	Concentração de nutrientes em folhas (mg/g)					
	N (FV)	P (FV)	K (FV)	N (FS)	P (FS)	K (FS)
N	0,07			-0,74*		
P		0,75*			0,133	
K	0,002					0,005

* (Correlação de Pearson, $p \leq 0,05$)

Tabela 4.3: Correlação entre a eficiência de retranslocação de N (ERN), P (ERP) e K (ERK) com a concentração de N, P, K, CTC do solo dos fragmentos estudados. (dados de solo extraído Embrapa solos, 2007) (Anexo 2.1).

% ERnutrientes	Concentração de nutrientes no solo (mg/g)			
	N	P	K	CTC
N	-0,59*			0,003
P		0,27		0,46
K			0,51	0,15

* (Correlação de Pearson, $p \leq 0,07$)

4.6. DISCUSSÃO

4.6.1. Considerações metodológicas

De um modo geral, os resultados da eficiência de retranslocação de N, P e K calculados através da unidade de massa e unidade de área, apresentaram resultados estatísticos similares entre as classes de fragmentos (Figura 4.1). Porém, a retranslocação calculada através da unidade de área (conteúdo) que leva em consideração a perda de massa das folhas no processo de senescência, é a mais utilizada na maior parte dos estudos em retranslocação (Van Heerwaarden *et al.* 2003b; Drenovsky e Richards, 2005; Renteria *et al.*, 2005; Huang *et al.*, 2007). Por esse motivo, foram selecionados os valores de eficiência de retranslocação calculado através da unidade área para as demais análises de correlações com a

concentração de nutrientes nas folhas das espécies e com os parâmetros dos solos dos fragmentos.

4.6.2. Proeficiência e eficiência de retranslocação de nutrientes das folhas de *G. guidonia*: comparação com outras formações florestais

A diminuição na concentração de N, P e K, observado em folhas senescentes de *G. guidonia* em relação às folhas verdes em todos os fragmentos, confirma um padrão de proeficiência de retranslocação. Essa diminuição de N e P em folhas senescentes foi semelhante ao observado em outros estudos de retranslocação em florestas tropicais (Renteria *et al.*, 2005; Cai e Bongers, 2007; Cardenas e Campo, 2007), semiáridas (Yuan *et al.*, 2005) e subtropical (Huang *et al.*, 2007). De acordo com Chapin e Kedrowski (1993), a diminuição de N e P em folhas senescentes pode estar associada também com a lixiviação. Porém, a retranslocação é a principal responsável pela diminuição da concentração desses elementos em folhas senescentes (Aerts, 1996).

As concentrações de P em folhas verdes de *G. guidonia* dos fragmentos estudados estão na faixa de valores encontrados para Floresta Tropical Seca e chuvosa (Tabela 4.4). Conforme observado em alguns estudos a concentração de P concentração pode variar entre espécies de um mesmo ambiente (Yuan *et al.*, 2005; Cai e Bongers, 2007; Nardoto *et al.*, 2006; Huang *et al.*, 2007; Cardenas e Campo, 2007) devido a requerimentos diferenciados entre as espécies (Chapin e Kedrowski, 1983). Considerando que a disponibilidade de P em solos de florestas tropicais é baixa (Vitousek, 2004), a retranslocação deste elemento assume relevante contribuição para a manutenção do status nutricional da espécie.

A concentração de N em folhas verdes de *G. guidonia* nos fragmentos estudados está entre os maiores valores encontrados para algumas florestas tropicas secas, chuvosa e floresta semiárida (Tabela 4.4), tal como já observado no capítulo 3 desta tese. A partir desta observação, pode se considerar alta a concentração de N em folhas verdes de *G. guidonia*, o que pode ser resultado da eficiência de retranslocação deste elemento. Outros estudos também sugerem que folhas adultas que apresentam altas concentrações de N podem ser eficientes no processo retranslocação (Yuan *et al.*, 2005; Drenovsky e Richards, 2005).

Resultados encontrados por Chapin e Kedrowski (1983) para espécies lenhosas em floresta temperada no Alasca mostraram que a eficiência de

retranslocação de N e P foram maiores em espécies com maior concentração desses elementos em folhas verdes, o que sugere, neste caso, que a concentração de N em folhas é controlada pelo processo de retranslocação. Porém, alguns estudos relacionam a alta concentração de N em folhas verdes com a maior disponibilidade deste nutriente no solo (Aerts e Chapin, 2000).

Os valores de eficiência de retranslocação de N encontrados para *G. guidonia* neste estudo (41 a 46%) encontram-se na faixa de alguns valores encontrados por Yuan *et al.* (2005) em Floresta Semiárida no norte da China (Tabela 4.6). No entanto, verifica-se que esses valores se encontram abaixo de alguns resultados obtidos para Floresta Subtropical (Huang *et al.*, 2007) Tropical chuvosa (Cai e Bongers, 2007), ambas na China.

Os valores de eficiência de retranslocação de N e P encontrados em diversos estudos (Yuan *et al.*, 2005; Cai e Bongers, 2007; Cardenas e Campo, 2007; Huang *et al.*, 2007) mostram que espécies distintas no mesmo ambiente apresentam diferenças na capacidade de retranslocação de N e P (Killingbeck, 1996) (Tabela 4.4), o que dificulta uma simples comparação entre os ecossistemas (Tabela 4.4). No entanto, foi possível confirmar que os resultados do presente estudo estão abaixo de valores encontrados para áreas de Cerrado no Brasil (69 %) (Tabela 4.4). Essa comparação indica que a maior retranslocação no Cerrado parece responder as limitações deste elemento, além da deficiência hídrica do ambiente, confirmando a interferência da disponibilidade de água associada a limitação nutricional sobre o padrão de retranslocação de N (Nardoto *et al.*, 2006).

Os resultados encontrados por Renteria *et al.* (2005) mostraram que a retranslocação de N e P em floresta tropical seca no México foi controlada mais pela disponibilidade de água no solo do que pela concentração de nutrientes neste, enquanto a proeficiência de retranslocação foi controlada tanto pela disponibilidade de água quanto pela concentração de nutrientes no solo. Já nos fragmentos pequenos do presente estudo a água não parece ser um fator limitante, pois de acordo com Lima *et al.*, (2006) esses fragmentos apresentam capacidade de manutenção de umidade no solo durante o ano inteiro.

Tabela 4.4: Eficiência de retranslocação de N (%ERN) e P (%ERP) em outras formações florestais tropicais, subtropicais e áridas.

Tipo de Floresta	Local	Espécie	NFV (mg/g)	NFS (mg/g)	PFV (mg/g)	PFS (mg/g)	ERP (%)	ERN (%)	Autor
Floresta Ombrófila Densa	Estado do Rio de Janeiro, Brasil.								
FP		<i>G.guidonia</i> (Meliaceae)	34,7	24,2	1,7	0,8	52,2	41	Este estudo
FG		<i>G.guidonia</i> (Meliaceae)	32,0	24,8	1,7	0,9	50,5	46	Este estudo
Floresta semiárida.	Norte da China	<i>Betula platyphylla</i>	22,8	12,1	—	—	—	46,9	Yuan <i>et al.</i> , (2005)
		<i>Ulmus macrocarpa</i>	26,5	10,3				61,2	
		<i>Prunus armeniaca</i>	22,1	12,6				42,7	
Floresta Sutropical	China	<i>Lindera glauca</i> (Lauraceae) – decídua					38,35	38,33	Huang <i>et al.</i> , (2007)
		<i>Randia cochinchinensis</i> (Rubiaceae) – Sempre verde					44,38	27,07	
		<i>Quercus fabri</i> (Fagaceae) - decídua					35,56	75,06	
Floresta tropical seca	México	<i>Tabebuia</i>	31,0	21,3	2,1	1,1	31,7	27,0	Renteria <i>et al.</i> , (2005)
Floresta Tropical chuvosa -montana	Xishuangbanna, China	<i>Alangium chinensis</i>	31,5	12,0	1,8	0,66	65,9	64,6	Cai e Bongers (2007)
		<i>Alseodaphne petiolaris</i>	17,8	7,4	0,77	0,36	68,0	71,5	
		<i>Schima superba</i>	18,6	13,3	0,87	0,46	58,3	43,5	
Floresta Tropical seca	México								Cardenas e Campo(2007)
Floresta primária		<i>Lysiloma microphyllum</i> (Leguminosae)	23,1	19,5	2,0	0,96	53,2	15,6	
Início de estágio sucessional		<i>Lysiloma microphyllum</i> (Leguminosae)	32,3	18,7	1,66	0,72	56,6	42,1	
Final de estágio sucessional		<i>Lysiloma microphyllum</i> (Leguminosae)	25,2	19,9	2,2	0,95	56	21,0	

NFV = concentração de N em folhas verdes; NFS = concentração de N em folhas senescentes; PFV = concentração de P em folhas verdes; PFS = concentração de P em folhas senescentes; ERP = eficiência de retranslocação de P; ERN = eficiência de retranslocação de N.

Continuação tabela 4.4.

Tipo de Floresta	Local	Espécie	NFA (mg/g)	NFS (mg/g)	PFA (mg/g)	PFS (mg/g)	ERP (%)	ERN (%)	Autor
Cerrado	Brasilida, DF.	<i>Kielmeyera coriacea</i>	8,1	—	0,54	—	40,0	54,9	Nardoto <i>et al.</i> , (2006)
		<i>Caryocar brasiliense</i>	11,2	—	0,72	—	50,4	69,2	
		<i>Qualea grandiflora</i>	11,1	—	0,69	—	44,4	56,8	

Uma análise geral do padrão de retranslocação de N e P de *G.guidonia* nos fragmentos estudados indica uma retranslocação intermediária entre ecossistemas tropicais úmidos e secos (Tabela 4.4). Já a comparação para o K fica limitada devido ao número reduzido de estudos que abordam a retranslocação deste elemento.

4.6.3. O padrão de eficiência de retranslocação de nutrientes (ERNutrientes) em folhas de *G. guidonia*

A eficiência do processo de retranslocação de nutrientes pode ser influenciada pela disponibilidade de nutrientes no solo, sendo que essa eficiência em geral aumenta em função da diminuição de nutrientes no solo (Aerts, 1996; Aerts e Chapin, 2000). No entanto, a eficiência de retranslocação pode também ser influenciada pelo “status” de nutrientes da planta (Chapin, 1980; Aerts, 1996). Os resultados do presente estudo, indicam que a eficiência de retranslocação de N em folhas de *G. guidonia* parece ser parcialmente influenciada pela concentração de N no solo, pois foi encontrada uma correlação significativamente negativa entre a %ERN e a concentração de N (r^2 0,589, $p = 0,074$). Embora a baixa dessa relação mostrou um aumento da ERN em função da diminuição da concentração de N no solo dos fragmentos grandes. Porém, essa menor concentração de N no solo dos fragmentos grandes não indica uma limitação deste elemento (Lima *et al.*, 2006). Outros estudos também têm verificado que a disponibilidade de N no solo pode influenciar no padrão de eficiência de retranslocação deste elemento (Enoki e Kawaguchi, 1999), estando o aumento desta eficiência relacionado com a diminuição de N no solo (Aerts e Chapin, 2000; Renteria *et al.*, 2005).

A correlação significativamente negativa entre a ERN e a concentração de N em folhas senescentes confirma o processo de retranslocação de N em folhas de *G.guidonia* como parcialmente responsável pela concentração de N em folhas verdes. Já a ausência de correlação significativa dessa eficiência com a concentração de N em folhas verdes (r^2 0,073, $p = 0,603$), indica que a eficiência do processo de retranslocação de N em folhas de *G. guidonia* não é determinada pelo “status” de N da espécie (Aerts, 1996) e sim pela disponibilidade deste elemento no solo (Aerts, 1996; Aerts e Chapin, 2000; Chatain *et al.*, 2009). Esse resultado contrasta com o encontrado por Yuan *et al.* (2005) em floresta semiárida no norte da China. Os autores observaram uma correlação positiva entre a eficiência de retranslocação de N e a concentração desse elemento em folhas verdes, o que

confirma que a eficiência de retranslocação pode ser parcialmente controlada pelo “status” de nutrientes da planta (Chapin e Kedrowski, 1983).

A relação significativamente positiva entre concentração de P em folhas verdes de *G.guidonia* e a ERP (Tabela 4.2), indica que a concentração de P nas folhas desta espécie é parcialmente controlada pelo processo de retranslocação e que a eficiência desse processo é determinada pelo status de nutrientes da espécie (Aerts, 1996), pois não foi encontrada relação significativa da ERP com a concentração de P no solo (Tabela 4.3). Tal resultado está em conformidade com outros estudos (Renteria *et al.*, 2005; Cai e Bongers, 2007; Huang *et al.*, 2007), que mostraram que o aumento da concentração de nutrientes em folhas verdes é resultado de uma maior eficiência retranslocação. No entanto, outros estudos contradizem tal observação ao demonstrar uma relação negativa entre a ERP e a concentração de P em folhas verdes, onde esta eficiência diminui de acordo com o aumento da concentração desses elementos em folhas verdes (Aerts, 1996; Kobe *et al.*, 2005; Nardoto *et al.*, 2006), o que neste caso sugere boa disponibilidade de nutrientes no solo.

A ausência de correlação da %ERK em folhas de *G.guidonia* com a concentração de K no solo e com os valores de CTC (tabela 4.3) indicam que a %ERK não é influenciada pela concentração de K no solo. Porém, não foi encontrada nenhuma relação significativa entre a ERK e a concentração de K em nenhum estágio foliar (Tabela 4.2), Esses resultados não permitem uma avaliação do padrão de retranslocação de K em folhas de *G.guidonia*. No entanto, a alta concentração de K em folhas verdes de *G. guidonia* quando comparada a outros ecossistemas (ver capítulo 3), sugere a influência do processo de retranslocação (Huang *et al.*, 2007).

A eficiência de retranslocação de N (41 a 46%) em folhas de *G.guidonia* do presente estudo foi menor que a retranslocação de P (52 a 53%). Esse fato provavelmente está relacionado à menor disponibilidade de P e em relação ao N nos solos tropicais (Vitousek, 2004) assim como encontrado por Lima *et al.* (2006) nos mesmos fragmentos deste estudo.

A análise dos dados do presente estudo mostrou que o processo de eficiência de retranslocação de N em folhas de *G. guidonia* nos fragmentos estudados parece ser influenciado pela concentração de N no solo. Já a eficiência de retranslocação de P parece ser influenciada pelo “status” de P de *G.guidonia*.

4.6.4. Efeito do tamanho do fragmento sobre a proeficiência e eficiência de retranslocação de nutrientes em folhas de *G. guidonia*.

Os dados de proeficiência de retranslocação de nutrientes em folhas de *G. guidonia* não evidenciaram um efeito do tamanho do fragmento, pois as concentrações de N, P e K em folhas senescentes foram similares entre fragmentos pequenos e grandes.

A proeficiência de retranslocação pode ser considerada alta quando a concentração de nutrientes em folhas senescentes é baixa (Killingbeck, 1996; Renteria *et al.*, 2005). Como no presente estudo as concentrações de N, P e K em folhas senescentes de *G. guidonia* não foram tão baixas quando comparadas a outras florestas (Tabela 4.3) a proeficiência de retranslocação das folhas desta espécie pode ser considerada média, e não se associa com limitações de N, P e K nos solos desses fragmentos, pois em geral alta proeficiência se relaciona a tais limitações (Aertes e Chapin, 2000).

Os resultados da eficiência de retranslocação de N, P e K avaliados neste estudo à principio não confirmam um efeito negativo do tamanho do fragmento, pois estas foram semelhantes entre as classes de fragmentos. No entanto, era esperado que os efeitos da fragmentação, tais como, diminuição da diversidade arbórea (Carvalho *et al.*, 2005; 2006; 2007) e menor estoque de serapilheira (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008) nos fragmentos pequenos do presente estudo promovessem uma alteração na disponibilidade de nutrientes no solo (Martinelli *et al.*, 2000) e conseqüentemente na eficiência de retranslocação de nutrientes das folhas de *G. guidonia*. Entretanto, também não foi verificado efeito negativo do tamanho dos fragmentos estudados sobre a concentração de nutrientes em folhas verdes de *G. guidonia* (ver capítulo 3 desta tese). A influência da fragmentação em aspectos importantes da ciclagem já foi observada em outros estudos, tais como diminuição na produção de serapilheira, ocasionada pelo tamanho do fragmento (Vidal *et al.*, 2007; Portela e Santos 2007), alteração no aporte de nutrientes (Nascimento, 2005) e nas taxas de decomposição (Didham, 1998; Gama, 2005) em ambiente de borda.

O padrão de influência da disponibilidade de nutrientes no solo sobre os processos de retranslocação tem sido observado em solos que apresentam limitações nutricionais (Chapin, 1980), no qual a eficiência de retranslocação aumenta em resposta a diminuição significativa de N e P no solo (Aerts, 1996; Aerts

e Chapin, 2000; Kobe et al., 2005; Nardoto *et al.*, 2006). Este não parece ser o caso dos fragmentos pequenos do presente estudo, pois os solos desses fragmentos não apresentaram um quadro de limitação nutricional (Lima *et al.*, 2006; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008) em resposta aos efeitos da fragmentação. Ao contrário os solos dos fragmentos pequenos apresentaram maiores concentrações de N e P em relação aos fragmentos grandes (Lima *et al.*, 2006; Anexo 2.1).

Quando analisado os fragmentos individualmente, verifica-se uma tendência de menor eficiência de retranslocação de N no fragmento Estreito, o que parece estar relacionada com a maior disponibilidade de água e N neste fragmento em relação aos demais (Lima *et al.*, 2006), pois esta eficiência também pode responder a disponibilidade de água (Boerner, 1985). Renteria *et al.*, (2005), verificou que a eficiência de retranslocação de N e P foi menor na época chuvosa em relação à seca, o que indica que a variação na disponibilidade de água interfere no padrão de retranslocação de nutrientes (Lambers *et al.*, 1998; Yuan *et al.*, 2005).

A ausência de influência do tamanho do fragmento sobre a eficiência de retranslocação de N, P e K também foi confirmada pela ausência de correlação significativa entre a eficiência de retranslocação desses nutrientes e o tamanho do fragmento (ERN = r^2 0,202; $p = 0,370$; ERP = r^2 0,172; $p = 0,413$; ERK = r^2 0,102; $p = 0,535$).

4.6.5. Conseqüências da retranslocação de nutrientes em folhas de *G. guidonia* na Ciclagem de Nutrientes nos fragmentos estudados

A alta eficiência de retranslocação de N e P da espécie associada a sua dominância pode favorecer uma menor entrada de nutrientes no ambiente através da serapilheira (Aerts e Chapin, 2000). Este não parece ser o caso da espécie *G. guidonia* nos fragmentos do presente estudo, que embora tenha apresentado alta densidade e dominância relativa nos fragmentos pequenos (Carvalho *et al.*, 2006a; 2008; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008) apresentou maiores concentrações de N nas folhas da serapilheira em relação a outras espécies (ver capítulo 5), sendo essas folhas responsáveis pela entrada de 12% de N, 18% de P e 23% de K para solo (ver capítulo 5).

Estudos recentes têm demonstrado que a porcentagem de retranslocação de N e P também está relacionada com a espécie e com a forma de vida desta (Aerts, 1996; Yuan *et al.*, 2005) No presente estudo, como a eficiência de

retranslocação em folhas de *G.guidonia* não se associou a um quadro de limitação nutricional, esta parece estar relacionada com a sua forma da vida que é sucessional secundária. De acordo com Kellman (1969), espécies de estágio sucessional secundário podem apresentar estratégias de eficiência de uso de nutrientes.

Outros estudos sugerem que a eficiência de retranslocação de nutrientes, além de aumentar a eficiência de uso de nutrientes de plantas de ambientes com baixa disponibilidade nutricional no solo (Van Breemen 1995; Aerts 1996, 1997; Aerts e Chapin 2000), pode contribuir para a coexistência de espécies (Drenoysky e Richards, 2006). A espécie *G.guidonia* é uma das mais importantes da comunidade arbórea na região, no qual apresenta alta densidade e dominância relativa nos fragmentos pequenos (Carvalho, 20005; Carvalho *et al.*, 2008), o que sugere que esta dominância pode também estar relacionada a eficiência de retranslocação de N, P e K .

Apesar da fragmentação não ter afetado o padrão de retranslocação de N, P e K das folhas de *G.guidonia* nos fragmentos pequenos da bacia do rio São João, RJ, é preciso considerar que possíveis alterações na biomassa e diversidade arbórea, podem afetar o padrão de entrada de nutrientes através da serapilheira produzida como visto no capítulo 5 desta tese e afetar a disponibilidade de nutrientes no solo dos fragmentos pequenos ao longo do tempo.

4.7. CONCLUSÕES

A diminuição significativa das concentrações de N, P e K em folhas senescentes de *G.guidonia* confirma o padrão de proeficiência de retranslocação desta espécie.

A concentração de N, P e K em folhas verdes de *G.guidonia* não indica um padrão de limitação nutricional para espécie, pois a mesma apresentou maiores concentrações em relação a outros ecossistemas.

A eficiência de retranslocação de N, P e K, observada na espécie *G.guidonia* pode ser considerada média e sugere que a eficiência de uso de N, P e K por esta espécie não se associa a um quadro de limitação nutricional no solo dos fragmentos pequenos.

O tamanho do fragmento não interferiu na eficiência de retranslocação de N, P e K nos fragmentos do presente estudo. No entanto, torna-se necessária uma avaliação temporal dessa eficiência associada a disponibilidade de nutrientes no

solo, assim como o uso de espécies de estágios maduros para uma melhor avaliação da interferência do tamanho do fragmento sobre o padrão de retranslocação de nutrientes.

CAPÍTULO 5. APORTE DE NUTRIENTES EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA DE BAIXADA DE DIFERENTES TAMANHOS NA REGIÃO DE IMBAÚ, SILVA JARDIM, RJ.

5.1. INTRODUÇÃO

A produção e decomposição da serapilheira são as principais responsáveis pela transferência de nutrientes da vegetação para o solo em ecossistemas florestais (Vitousek e Sanford, 1986). Por isso, a estrutura e distribuição das espécies vegetais interferem no padrão de produção da serapilheira (Vitousek, 2004; Portela e Santos 2007), e a composição florística, na qualidade química desta (Villela e Proctor, 1999). Dessa forma, alterações nos padrões da vegetação afetam a entrada de nutrientes para o ambiente (Martinelli *et al.*, 2000; Nascimento, 2005), e com isso afetar a disponibilidades deste no solo. Essas alterações podem afetar a regeneração e o desenvolvimento da comunidade vegetal (Olde Venterink *et al.*, 2001). Por tanto, a avaliação da relação da produção de serapilheira e da entrada de nutrientes através desta com as características da vegetação do ambiente, é sem dúvida uma análise importante para o entendimento de possíveis perturbações sobre a ciclagem de nutrientes.

Uma das principais conseqüências da fragmentação é a diminuição da biodiversidade e da biomassa do fragmento (Kapos, 1997; Rodrigues, 2005; Carvalho *et al.*, 2006), o que interferem no aporte de nutrientes para o ambiente (Martinelli *et al.*, 2000; Nascimento, 2005). Estudos demonstram que fragmentos menores estão mais sujeitos aos efeitos da fragmentação (Kapos, 1989; Camargo e Kapos, 1995; Murcia, 1995), como mudanças no padrão da vegetação (Laurance, 1991; Laurance *et al.*, 1998; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008), na dinâmica do ecossistema (Saunders *et al.*, 1991), e diminuição na produção de serapilheira (Vidal *et al.*, 2007; Portela e Santos 2007). Estudos de Procópio-de-Oliveira *et al.* (2008) em remanescentes florestais na região da APA da bacia do Rio São João, no qual estão inclusos fragmentos do presente estudo, verificaram alterações na camada de serapilheira sobre o solo, sendo essa maior nos fragmentos grandes do que nos fragmentos pequenos, o que segundo os autores foi resultado da diminuição de árvores de grande porte nos fragmentos pequenos em relação aos maiores.

Vários estudos têm buscado avaliar a produção de serapilheira e aporte de nutrientes em floresta tropicais (Proctor, 1983; Oliveira e Lacerda, 1993; Villela e Proctor, 1999; Scheer, 2006; Portela e Santos, 2007; Vidal *et al.*, 2007). Mais recentemente, alguns estudos buscam avaliar o efeito da fragmentação sobre tal processo na Amazônia (Vasconcelos e Luizão 2004) e na Mata Atlântica (Nascimento, 2005; Portela e Santos, 2007; Vidal *et al.*, 2007). Entretanto, poucas pesquisas têm buscado avaliar a influência da fragmentação sobre o aporte de nutrientes (Sizer *et al.*, 2000). Até o momento, apenas Nascimento (2005) avaliou esta influência na Mata Atlântica do Rio de Janeiro. Dessa forma, o presente estudo, ao avaliar a concentração de nutrientes na serapilheira produzida e o aporte de nutrientes através desta em fragmentos de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, estará contribuindo para a obtenção de conhecimentos sobre os efeitos da fragmentação na ciclagem de nutrientes.

5.2. OBJETIVO.

Estimar a concentração de nutrientes na serapilheira produzida e o aporte de nutrientes através desta em fragmentos de Mata Atlântica que se diferenciam em tamanho na APA da Bacia do Rio São João, RJ.

5.3. HIPÓTESE.

Dentro deste contexto o presente estudo visou testar a hipótese de que, a concentração de nutrientes na serapilheira e o aporte de nutrientes através desta são alterados pelo tamanho do fragmento.

5.4. MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo, foram utilizados 4 fragmentos: 3 pequenos (Afetiva 25,5 ha, Estreito 23,3 ha e Vendaval 33,5 ha) e um grande (União 2300 ha). Os dados do fragmento União 2300 se referem as 4 parcelas do interior do fragmento obtidos através do estudo de produção de serapilheira e aporte de nutrientes por Nascimento (2005). As demais informações a respeito da área de estudo estão descritas no capítulo 2 desta tese.

5.4.1. Produção de serapilheira

Os dados de produção de serapilheira dos fragmentos pequenos (Afetiva, Estreito e Vendaval) foram obtidos por Ferreira (2008), no período de 22 junho de 2005 a 26 de maio de 2006. Cinco coletores de 70 x 70 cm (0,49 m²), feitos de estrutura de alumínio com rede de nylon de 1 mm, foram alocados de forma aleatória em 26 junho de 2005 em cada uma das parcelas de cada um dos três fragmentos pequenos (Afetiva, Estreito e Vendaval). Esses coletores foram suspensos a um metro da superfície do solo. A serapilheira foi amostrada quinzenalmente, durante um ano. O conteúdo de cada coletor foi colocado em sacos de papel e secos a 80 °C por 24 h em uma estufa de circulação imediatamente após cada coleta. As amostras de serapilheira foram triadas em seis frações, sendo estas: 1. folhas de *Cupania oblongifolia*; 2. folhas de *Guarea guidonia*; 3. outras folhas; 4. galhos (< 2 cm de diâmetro); 5. Material reprodutivo (flor / fruto); e a fração Resto classificada de acordo como sugerido por Proctor (1983), em que se inclui todo material animal e vegetal morto não reconhecível e menor que 2 mm.

A amostragem da serapilheira no fragmento União 2300 seguiu a mesma metodologia descrita acima, sendo a serapilheira coletada em intervalos de 13 a 19 dias durante um ano (de 10/outubro/2001 a 24/setembro/2002). As amostras da serapilheira foram triadas nas seguintes frações: folhas; madeira (<2cm de diâmetro); material reprodutivo (flores e frutos) e resto (todo material animal e vegetal morto não reconhecível < 2mm) (Proctor, 1983).

5.4.2. Análise química de nutrientes.

Foram determinadas na serapilheira amostrada as concentrações e aporte de C, N, P, Ca, Mg, K e Na. Para as análises químicas foi feita uma amostra composta por parcela (n=1/parcela) para cada fração da serapilheira, reduzindo assim o número de análises. As amostras de cada fração de cada um dos coletores da produção de serapilheira foram compostas a cada dois meses sucessivos sendo subdivididas em seis sub-períodos amostrais denominados de: T1 (junho e julho/2005), T2 (agosto e setembro/2005), T3 (outubro e novembro/2005), T4 (dezembro/2005 e janeiro/2006), T5 (fevereiro e março/2006) e T6 (abril e maio/2006). Para as determinações de C e N total as amostras foram compostas de forma a se obter quatro frações por parcela, da seguinte forma: folhas de *G. guidonia*, outras folhas (*C. oblongifolia* e folhas das demais espécies), madeira e

resto (material reprodutivo e resto). Para a determinação de C e N total as amostras foram subdivididas em três sub-períodos amostrais denominados T1(junho, julho, agosto e setembro/2005), T2 (outubro, novembro, dezembro/2005 e janeiro/2006) e T3 (fevereiro, março, abril e maio/2006). Tal procedimento seguiu metodologia utilizada em estudos anteriores (Villela e Proctor 1999; Mazurec, 1998; Nascimento, 2005; Villela *et al.*, 2006).

As determinações de C e N totais foram feitas em alíquotas de peso seco do material vegetal utilizando-se um auto-analisador de CHNS/O (Perkin Elmer 2400). Para a extração de Ca, K, Mg, sub-amostras (0,20 g) foram digeridas em 4,4 ml de uma solução de ácido sulfúrico concentrado (350 ml), água oxigenada 100 volumes (420 ml), selênio (0,42 g) como catalisador e sulfato de lítio (14 g) solução ácida (Allen, 1989). A determinação realizada em espectrofotometria de emissão por plasma induzido (ICP/AES-Varian). As análises químicas da serapilheira foram realizadas no Laboratório de Ciências Ambiental (LCA) na UENF, RJ.

5.4.3. Análise dos dados

Para a normalização dos dados, esses passaram por transformação arco-seno. Para testar a diferença da média da concentração anual e do aporte de cada nutriente, entre os quatro fragmentos (Afetiva, Estreito, Vendaval e União 2300) foram feitas análises de variância agrupada (ANOVA “*nested design*”), considerando a parcela como fator randômico (n=4) dentro de cada fragmento (fator fixo) (Zar, 1999). Devido a não existência de dados de P para o fragmento União 2300, a mesma ANOVA foi aplicada para estes dados comparando os três fragmentos pequenos (Afetiva, Estreito, Vendaval).

Para avaliar se existiu diferença no padrão de variação anual do aporte dos nutrientes entre os fragmentos pequenos (Afetiva, Estreito, Vendaval) foi aplicada uma análise de variância do tipo repetida (“*repeated measures design*”) com 6 fatores de variação (número de fatores = tempos) para C, N, Ca, Mg, K, P e Na (Zar, 1999). Essa análise não incluiu o fragmento União2300, pois o período amostral desse foi diferente dos três fragmentos pequenos. No entanto, a avaliação da variação sazonal dos dados deste fragmento feitas por Nascimento (2005) foi feitas através do mesmo pacote estatísticos utilizado no presente estudo.

Foram utilizadas correlações de Pearson para avaliar a relação do aporte total de nutrientes com a área basal (AB), número de indivíduos (NI) e riqueza de espécies (S) dos fragmentos estudados.

Para estimativa da eficiência de uso de nutrientes (EUN) a massa da serapilheira total e da fração folhas foi dividida pelo seu respectivo conteúdo de nutrientes (Vitousek, 1982).

5.5. RESULTADOS

Nutrientes da Serapilheira – As concentrações anuais de Ca, K, C e N e razão C/N na fração total de folhas da serapilheira, mostraram diferenças significativas entre os fragmentos estudados, sendo a concentração de Ca significativamente maior no fragmento União 2300 e no Estreito (Tabela 5.1). Já a concentração de K foi significativamente menor no fragmento Vendaval em relação aos demais fragmentos. No fragmento União 2300 a fração total de folhas apresentou maior concentração de C e uma concentração significativamente menor de N, o que resultou em uma razão C/N significativamente maior neste fragmento em relação aos fragmentos pequenos (Tabela 5.1).

As concentrações de nutrientes da fração madeira também apresentaram diferenças significativas entre os fragmentos, no qual a concentração de Ca foi significativamente maior nos fragmentos União 2300 e Estreito em relação aos demais fragmentos pequenos. Já a concentração de K foi significativamente maior em dois fragmentos pequenos, o Afetiva e Estreito (Tabela 5.1). A concentração de Na também foi significativamente maior em dois fragmentos pequenos (Afetiva e Vendaval; Tabela 5.1). A concentração de P analisada entre os fragmentos pequenos foi significativamente menor no fragmento Vendaval (Tabela 5.1).

As concentrações de nutrientes da fração flor e fruto mostraram diferenças significativas entre os fragmentos grandes e pequenos apenas para as concentrações de Ca e Na, sendo a de Ca significativamente maior no fragmento União 2300 e Estreito.

A fração resto foi a que apresentou maior variabilidade das concentrações de nutrientes entre os fragmentos, no qual a concentração de Ca foi significativamente maior nos fragmentos União2300 e Estreito. As concentrações de K e Mg foram significativamente menores no fragmento Vendaval em relação aos

demais. A concentração de P analisada entre os fragmentos pequenos foi significativamente maior no fragmento Estreito.

As médias das concentrações anuais de Ca, Mg, K, Na e razão C/N da serapilheira total produzida apresentaram diferenças significativas entre os fragmentos (Tabela 5.1) A concentração de Mg e C foram significativamente maiores no fragmento União2300 em relação aos fragmentos pequenos. Já a concentração de N foi significativamente menor no fragmento União 2300, resultando em uma maior razão C/N neste fragmento. O fragmento União 2300 e Estreito apresentaram concentrações Ca na serapilheira total semelhante entre eles e significativamente maior em relação aos demais fragmentos (Tabela 5.1). A concentração de K foi significativamente menor no fragmento Vendaval (Tabela 5.1). A concentração de P analisada entre os fragmentos pequenos foi significativamente menor no fragmento Vendaval em relação aos fragmentos Estreito e Afetiva (Tabela 5.1).

Concentração de Nutrientes entre as espécies estudadas – A fração folhas de *C.oblongifolia* apresentou concentrações de Mg e Na significativamente maiores em relação as outras espécies (Tabela 5.2; Anexo 5.1).

Aporte de nutrientes através da serapilheira – O aporte de nutrientes no total da serapilheira apresentou diferenças significativas entre os fragmentos para todos os elementos analisados no qual o aporte total de Ca, Mg, K, C e N foram significativamente maiores no fragmento União2300 em relação aos fragmentos pequenos. Já o aporte de Na foi significativamente maior no fragmento Vendaval seguido da União 2300 (Tabela 5.3). O aporte total de P analisado entre os fragmentos pequenos foi semelhante entre os fragmentos (Tabela 5.3).

A fração total de folhas foi a que mais contribui com a entrada de nutrientes em todos os fragmentos e em geral o aporte de nutrientes através desta fração foram maiores no fragmento União 2300. O aporte de Ca através da fração total de folhas foi significativamente maior no fragmento União 2300 e significativamente menor no fragmento Afetiva (Tabela 5.3). O aporte de Mg foi significativamente maior no Vendaval seguido da União 2300 (Tabela 5.3). Já o aporte de K foi significativamente maior na União 2300 seguido do Vendaval (Tabela 5.3).

Tabela 5.1: Concentração de nutrientes (mg/g) na serapilheira produzida. Os valores indicam a média de uma amostra composta de 5 sub-amostras por parcela em cada fragmento. As letras diferentes entre linhas da mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fragmentos.

Frações	Fragmentos	Ca	Mg	K	Na	P	C (%)	N (%)	C/N
Total de Folhas	Afetiva	6,2±0,9 B	4,1±0,2A	9,5±2,3 A	1,8±0,4 A	0,72±0,07 A	46,2±0,4 B	2,1±0,05 A	22 B
	Estreito	8,9±0,5 A	3,5±0,3 A	9,4±1,9 A	1,3±0,6 A	0,81±0,07 A	45,8±0,4 B	2,1±0,03A	22 B
	Vendaval	5,0±0,3 B	4,0±0,2 A	5,3±1,4 B	2,3±1,3 A	0,51±0,06 A	45,8±0,5 B	2,0±0,03 A	23 B
	União 2300	8,0±0,2 A	4,08±0,5 A	9,4±1,6 A	1,8±0,3 A	***	49,7±1,6 A	1,7±0,09 B	29 A
Madeira	Afetiva	3,8±0,7 B	2,2±0,4	10,8±7,2A	1,3±0,9 A	0,4±0,1 A	44,51±0,14 B	1,61±0,04 A	28 B
	Estreito	8,3±0,3 A	2,3±0,2	9,7±4,1 A	0,6±0,1 B	0,5±0,1 A	45,67±1,13 B	1,68±0,03 A	27 B
	Vendaval	3,2±0,2 B	2,0±0,1	5,2±2,9 B	1,3±0,3 A	0,2±0,0 B	44,54±0,34 B	1,72±0,03 A	26 B
	União 2300	8,3±0,7 A	2,6±0,3	5,1±1,5 B	0,8±0,2 B	***	48,33±1,77 A	1,20±0,12 B	40 A
Flor Fruto	Afetiva	2,5±0,3 B	2,3±0,6	15,6±1,6	2,7±0,2	1,2±0,1 AC	***	***	
	Estreito	4,7±1,0 A	2,6±0,4	17,7±2,4	2,0±1,0	1,4±0,1 BC	***	***	
	Vendaval	1,9±0,4 B	2,0±0,2	11,3±5,0	3,1±1,7	1,1±0,1 A	***	***	
	União 2300	4,7±1,4 A	2,6±0,4	15,8±2,7	0,8±0,1	***			
Resto	Afetiva	5,7±0,7 B	3,0±0,3	7,1±0,8 A	1,3±1,2	1,0±0,2 B	46,99±0,38 A	2,09±0,32 A	24
	Estreito	7,9±1,4 A	3,3±0,1	9,8±2,0 A	0,7±0,1	1,4±0,3 A	46,76±0,26 A	2,02±0,17 A	23
	Vendaval	3,7±0,6 B	2,6±0,4	5,8±0,4 B	2,6±1,6	1,0±0,1 B	46,84±0,25 A	1,90±0,28 A	25
	União 2300	8,0±1,9 A	3,0±0,6	8,6±1,7 A	0,9±0,2	***	48,75±1,77 A	1,97±0,12 A	25
Média Serapilheira Total	Afetiva	4,88±0,76 B	3,14±0,21 B	9,14±0,70 A	1,76±0,21 AB	0,77±0,05 A	45,79±0,19 B	1,98±0,09 A	23 B
	Estreito	7,70±0,75 A	3,14±0,15 B	9,86±0,79 A	1,27±0,33 AB	0,88±0,11 A	45,99±0,29 B	1,96±0,04 A	23 B
	Vendaval	3,86±0,23 B	2,93±0,31 B	6,14±0,72 B	2,43±1,06 A	0,61±0,05 B	45,95±0,15 B	1,91±0,07 A	24 B
	União 2300	7,42±0,79 A	4,9±1,2 A	9,85±1,22 A	1,15±0,14 B	***	48,75±1,10 A	1,62±0,09 B	30 A

Tabela 5.2: Concentração de nutrientes (mg/g) nas frações folhas de *G.guidonia* e *C.oblongifolia* e total de folhas da serapilheira produzida nos fragmentos pequenos. Os valores indicam a média de 3 fragmentos. As letras diferentes entre linhas da mesma coluna indicam diferenças significativas (ANOVA “nested” $p < 0,05$) entre as espécies.

Frações	Ca	Mg	K	Na	P	C(%)	N(%)
Folhas de <i>G.guidonia</i>	7,5±1,4	3,7±0,4 AB	8,6±2,8	1,1±0,4 B	0,8±0,2	45,9±0,3	2,2±0,0 A
Folhas de <i>C. oblongifolia</i>	6,7±2,3	4,4±0,6 A	8,6±3,0	3,0±0,8 A	0,7±0,1	***	***
Outras Folhas	5,9±2,3	3,4±0,2 B	7,1±1,7	1,3±0,4 B	0,6±0,2	46,0±0,1	1,9±0,1 B

*** valores não determinados

Tabela 5.3: Aporte de nutrientes através da serapilheira produzida. Os valores indicam a média de uma amostra composta de 5 sub-amostras por parcela em cada fragmento. As letras diferentes entre linhas da mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fragmentos.

Frações	Fragmento	Kg/ha/ano						
		Ca	Mg	K	Na	P	C	N
Total de folhas	Afetiva	20,9±10,7 C	14,0±6,0 B	29,6±19,3AB	5,6±1,1 BC	2,6±1,5 A	2141,78±1214,9 B	91,65±50,6 B
	Estreito	32,2±10,6 B	13,0±2,8 B	11,4±2,9 B	3,6±1,0 C	2,9±0,7A	2225,74±912,09 B	96,85±37,6 B
	Vendaval	21,9±3,5 B	20,5±1,4 A	38,8±4,5 A	10,1±2,2 A	2,8±0,7 A	2437,08±1615,7 AB	100,42±65,8 A
	União 2300	37,4±3,5 A	18,4±2,4A	41,9±8,19 A	8,6±1,43 AB	***	3004,04±131,78 A	100,55±3,32 A
Madeira	Afetiva	11,1±6,3 A	6,2±3,5	13,4±9,2 A	1,4±0,9 A	1,1±0,5 A	1352,87±707,94 A	45,94±27,50 A
	Estreito	10,6±6,9 A	2,8±1,8	6,5±3,1 B	0,6±0,3 B	0,6±0,4 B	904,43±49,45 B	26,88±4,2 B
	Vendaval	3,9±1,1 B	3,0±0,8	5,5±3,7 B	1,8±0,7 A	0,3±0,1 B	817,16±84,97 B	24,33±4,7 B
	União 2300	14,9±3,7 A	4,1±0,5	8,1±0,6 B	1,42±0,5 A	***	1003,09±252,72 A	24,58±6,4 B
Flor Fruto	Afetiva	0,4±0,3 B	0,4±0,2 B	2,7±2,0 B	0,4±0,4 A	0,2±0,1 A	***	***
	Estreito	0,4±0,3 B	0,3±0,2 B	2,5±2,6 B	0,4±0,3 A	0,2±0,2 A	***	***
	Vendaval	0,3±0,10 B	0,3±0,1 B	1,9±0,7 B	0,9±0,6 A	0,2±0,0 A	***	***
	União 2300	3,0±0,12 A	2,13±1,0 A	13,1±6,5 A	0,7±0,4 A	***		
Resto	Afetiva	2,0±1,3 B	1,0±0,7 B	2,6±1,8 A	0,7±0,9 A	0,4±0,3 A	206,74±89,74 B	9,53±5,58 B
	Estreito	1,8±0,9 B	0,7±0,3 B	2,3±0,9 A	0,1±0,0 A	0,3±0,2 A	115,01±22,32 C	4,94±1,16 C
	Vendaval	2,4±1,9 B	1,6±1,4 A	3,3±0,7 A	1,9±2,2 A	0,7±0,5 A	122,47±20,14 C	5,13±1,67 C
	União 2300	5,1±1,1 A	1,9±0,5 A	5,4±1,33 A	0,5±0,2 A	***	843,2±124,07 A	35,58±5,96 A
Serapilheira Total	Afetiva	34,5±4,0 B	21,7±2,5 B	48,3±4,7 B	8,1±0,8 B	4,3±0,5 A	3701,39±866,82 B	146,87±31,7 B
	Estreito	45,0±2,7 B	17,7±1,2 B	43,6±2,7 B	4,7±0,4 C	4,0±0,3 A	3245,18±124,32 B	128,68±7,71 B
	Vendaval	28,6±3,0 B	25,5±3,0 A	49,5±8,4 B	14,7±1,9 A	3,9±0,5 A	3376,71±327,52 B	129,88±13,4 B
	União 2300	60,4±5,9 A	26,7±3,0 A	68,5±5,2 A	11,1±1,2 A	***	4850,38±382,76 A	160,70±11,47A

Tabela: 5.4: Aporte de nutrientes através da folhas de *G.guidonia* e *C.oblongifolia* e folhas de outras espécies (outras folhas) da serapilheira total produzida nos fragmentos pequenos. Os valores indicam a média de 3 fragmentos. As letras diferentes entre linhas da mesma coluna indicam diferenças significativas (ANOVA “nested” $p < 0,05$) entre as espécies.

Frações	Ca	Mg	K	Na	P	C	N
Folhas de Guarea	3,7±3,4 B	2,6±1,4 B	6,1±2,7 B	0,7±0,2 B	0,5±0,2 B	251,6±198,5 B	11,8±9,2 B
Folhas de Cupania	0,8±0,2 B	0,5±0,3 C	1,1±0,3 C	0,7±0,6 B	0,1±0,00 C	***	***
Outras Folhas	20,5±3,5 A	12,8±2,A	19,3±13,3 A	5,1±2,8 A	2,1±0,1 A	2016,5±310,5 A	84,4±11,2A

O aporte de Ca e Mg através da fração flor e fruto foram significativamente maiores no fragmento União 2300. O aporte de Ca, C e N na fração resto foram significativamente maiores no fragmento União 2300 e o aporte de C através da fração madeira também foi significativamente maior no fragmento Afetiva (Tabela 5.3).

Aporte de Nutrientes entre as espécies estudadas – As folhas de *G. guidonia* e *C.oblongifolia* apresentaram menor contribuição no aporte de nutrientes em relação às outras espécies nos fragmentos pequenos (Tabela 5.4). No entanto, a fração folhas de *G. guidonia* sozinha apresentou um alto percentual de contribuição no aporte de nutrientes em relação às outras espécies, com exceção do aporte Na que foi similar ao encontrado para *C. oblongifolia* (Tabela 5.6)

O aporte de Ca, K, C e N através da serapilheira total nos fragmentos estudados apresentou uma relação significativamente positiva com os parâmetros estruturais e com a riqueza de espécies dos fragmentos (Tabela 5.5).

Tabela 5.5: Relação entre parâmetros estruturais e aporte de nutrientes nos fragmentos estudados.

	Ca	Mg	K	Na	C	N
AB	0,88**	0,60	0,96***	0,19	0,96***	0,84**
S	0,86*	0,62	0,97***	0,29	0,99***	0,89**
NI	0,84*	0,66	0,98***	0,27	0,98***	0,86**

Coeficientes de correlações de Pearson, onde: * (p<0,07); ** (p<0,05); *** (p<0,01)
AB = Área Basal; S = Riqueza; NI = número de indivíduos

Tabela: 5.6. Percentual de contribuição das folhas de *G. guidonia*, *C. oblongifolia* no aporte de nutrientes.

Espécie	% de aporte de nutrientes						
	C	N	Ca	Mg	K	P	Na
<i>G. guidonia</i>	11	12	15	16	23	18	11
<i>C. oblongifolia</i>	**	**	3	3	4	4	11
Outras espécies	89	88	82	81	73	78	78

As folhas de *G.guidonia* contribuíram com a maior porcentagem no aporte da maioria dos nutrientes em relação as folhas de *C.oblongifolia*, com exceção do Na que foi similar entre essas espécies (Tabela 5.6).

Variação sazonal do aporte de nutrientes – O padrão de variação do aporte de Ca, Mg, K e Na da serapilheira total foi estatisticamente diferente entre aos fragmentos pequenos (Figura 5.1). Esta variação sazonal refletiu a queda da produção da serapilheira total com maiores picos na época chuvosa (T4 = janeiro e fevereiro) refletindo também a maior queda da fração outras folhas que também foi maior na estação chuvosa.

A análise de cada tempo individualmente mostra diferenças significativas entre os fragmentos para a maioria dos elementos analisados com exceção do C e N. O aporte de P apresentou diferença significativa apenas no tempo 6 (T6) sendo significativamente maior no fragmento Estreito. O aporte de Ca foi significativamente maior no fragmento Estreito nos tempos 1 (T1) e 5 (T5) (Figura 5.1). Já o aporte de Mg e K foram significativamente maiores no fragmento Vendaval no tempo 2 (T2) (Figura 5.1).

Eficiência de Uso de Nutrientes – A eficiência de uso de nutrientes calculada através da razão entre a serapilheira total produzida e o conteúdo de nutrientes (Ca, Mg, K, N e P) contidos nesta serapilheira mostrou que o fragmento União 2300 apresentou menores índices de eficiência de uso de Ca e K (Tabela 5.7). A fração folhas melhor representa esta distinção, já que a eficiência de uso para todos os nutrientes analisados foi menor no fragmento União2300 em relação aos fragmentos pequenos (Tabela 5.7).

Tabela 5.7: Eficiência de uso de nutrientes (EUN) no total folhas de e na serapilheira total.

Serapilheira Total					
Fragmentos	Ca	Mg	K	N	P
Afetiva	254	392	199	54	2.147
Estreito	171	428	361	52	1.917
Vendaval	257	290	152	54	2.022
União2300	156	352	137	58	***
Folhas					
Fragmentos	Ca	Mg	K	N	P
Afetiva	289	377	227	51	2.206
Estreito	164	390	934	51	1.830
Vendaval	258	326	180	53	2.594
União2300	98	221	97	37	***

*** não foi determinado para o fragmento União2300.

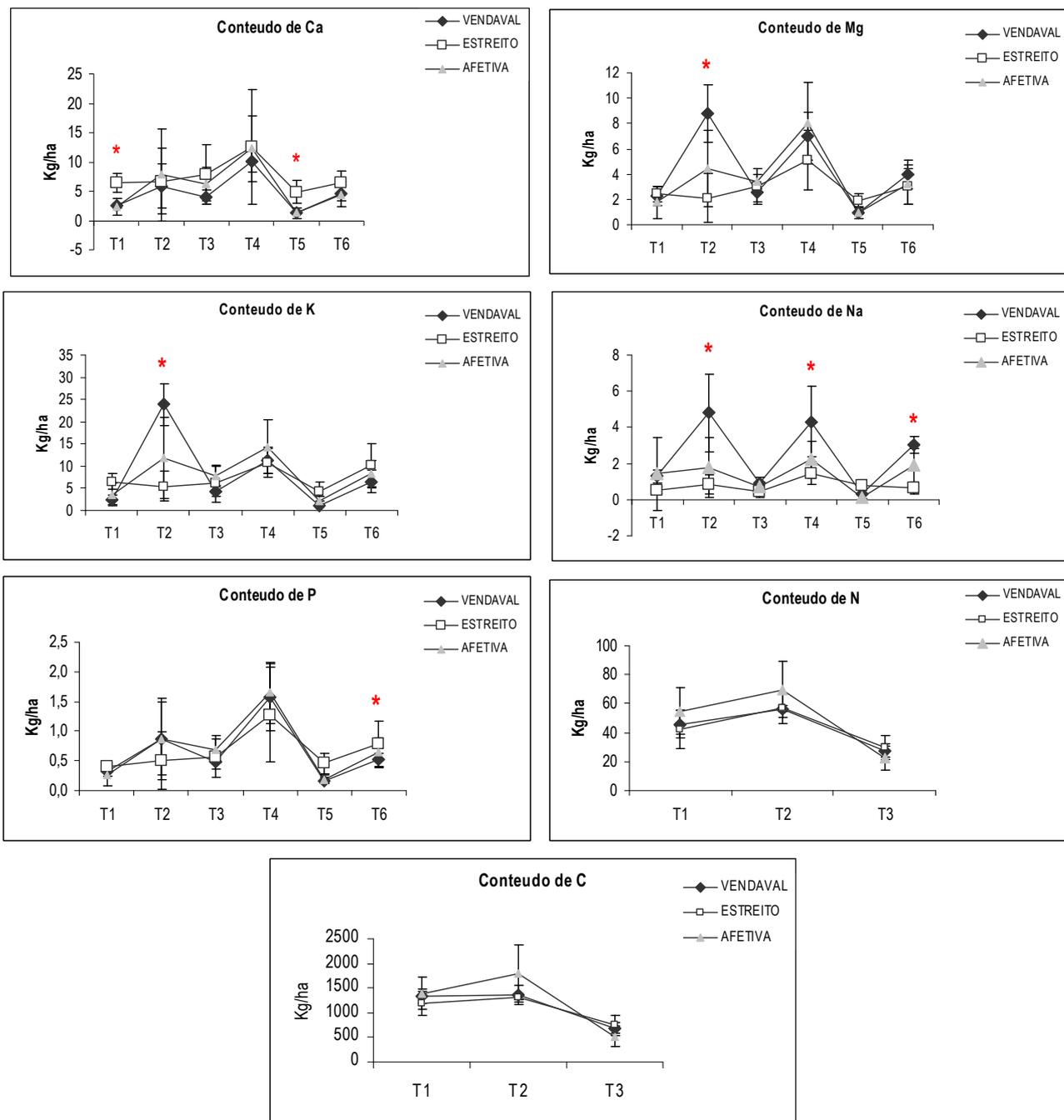


Figura 5.1: Variação sazonal do aporte de nutrientes em fragmentos de Mata Atlântica da bacia do rio São João, RJ.

5.6. DISCUSSÃO

5.6.1. Concentração e aporte de nutrientes: comparação com outras florestas

Os valores de aporte de Ca encontrados nos fragmentos pequenos do presente estudo se encontram abaixo de valores encontrados por Mazurek (1998) para Mata Atlântica de encosta na região norte fluminense (Tabela 5.8)

e abaixo de outras Florestas Ombrófilas (Tabela 5.8). Já o aporte de Mg, K e Na se encontram na faixa superior dos valores encontrados para outras Florestas Ombrófilas (Tabela 5.8). Os valores de aporte de N se encontram na faixa de valores reportados para outras áreas de Mata Atlântica (Tabela 5.8).

Interessante notar que o aporte de N encontrado nos fragmentos pequenos do presente estudo, se assemelha ao valor encontrado por Toledo *et al.* (2002) para área de Mata Atlântica em sucessão secundária Inicial no Rio de Janeiro e abaixo do valor encontrado pelo mesmo autor para mata em sucessão secundária tardia. Essa comparação indica que áreas de Mata Atlântica em estágio secundário inicial como do presente estudo apresentam menor aporte de N através da serapilheira do que as áreas de estádios mais avançados.

5.6.2. Efeito do tamanho do fragmento sobre concentração de nutrientes na serapilheira produzida

Os efeitos da fragmentação sobre a vegetação podem trazer mudanças significativas no padrão de ciclagem de nutrientes da floresta, pois a diminuição da diversidade arbórea e o aumento da produção de folhas de espécies dominantes podem afetar a qualidade nutricional da serapilheira produzida (Campo e Dirzo, 2003; Read e Lawrence, 2003; Villela *et al.*, 2006; Kazakou *et al.*, 2006). No presente estudo, apesar dos fragmentos pequenos estarem em estágio sucessional secundário e apresentarem menor diversidade florística em relação ao fragmento grande (Carvalho *et al.*, 2006; 2007), estes não apresentaram serapilheira com menor qualidade nutricional. Ao contrário, a maior concentração de C associada a menor concentração de N na fração total de folhas da serapilheira e na fração madeira do fragmento União 2300 resultou em uma maior razão C/N na serapilheira total deste fragmento. Este resultado indica uma menor qualidade nutricional da serapilheira no fragmento grande em relação aos fragmentos pequenos.

Tabela 5.8: Conteúdo de nutrientes (Kg/há/ano) na serapilheira total produzida em outras regiões.

Tipo de Floresta	Local	Serapilheira (T/ha)	Ca	Mg	K	Na	P	N	Autor
FLORESTA OMBRÓFILA									
Afetiva	Silva Jardim, RJ.	8,2	34,5	21,7	48,3	8,1	4,3	147	Este estudo
Estreito	Silva Jardim, RJ.	7,3	45,0	17,7	43,6	4,7	4,0	128	Este estudo
Vendaival	Silva Jardim, RJ.	7,2	28,6	25,5	49,5	14,7	3,9	130	Este estudo
União2300	Rio das Ostras, RJ.	9,4	60,4	26,7	68,5	11,1	**	161	Nascimento (2005)
Sucessão mais avançada	Curitiba, PR.	6,3	95	17	28	**	6	92	Scheer (2006)
Sucessão menos avançada	Curitiba, PR.	3,0	41	1	12	**	2	35	Scheer (2006)
MA de Baixada -estágio avançado (40 anos)	Poço da Antas, RJ		41,3	12,5	12,0	**	**	50	Barbosa (2000)
MA de Baixada – estágio intermediário (20 anos)	Poço da Antas, RJ.		24,1	8,4	6,9	**	**	39	Barbosa (2000)
MA de Baixada – estágio intermediário (3 anos)	Poço da Antas, RJ.		38,1	4,8	12,1	**	**	33	Barbosa (2000)
MA – Ombrófila Densa	SP	6,3	60	19	20	**	4	102	Moraes <i>et al.</i> (1999)
MA – Ombrófila – Primária Alterada		6,0	33	15	15	**	3	105	Custódio Filho <i>et al.</i> (1998)
MA – Ombrófila – Secundária perturbada	SP	5,3	80	7	18		7	135	Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)
MA – Ombrófila –Capoeira	SP	5,7	56	13	14		3	128	Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)
MA – Ombrófila –Secundária	SP	4,4	30	9	11		2	98	Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)

** valores não determinados

Continuação Tabela 5.8

Tipo de Floresta	Local	Serapilheira (T/ha)	Ca	Mg	K	Na	P	C	N	
MA secundária Inicial	Pinheiral, RJ.	12,9	88,9	29,1	67,4	**	6	**	166	Toledo <i>et al.</i> (2002)
MA secundária Tardia	Pinheiral, RJ.	10,4	107,7	37,6	50,1	**	5	**	219	Toledo <i>et al.</i> (2002)
FLORESTA ESTACIONAL Floresta Estacional Decidual	MG	4,5	293	58	40	**	10	**	245	Souza e David (2001)
MATA ATLÂNTICA DE ENCOSTA (250 m de altitude)	Parque do Desengano, RJ.	9,0	62,6	25,7	41,6	20,3	**	**	109	Mazurec (1998)
(50 m de altitude)	Parque do Desengano, RJ.	9,4	82,5	31,2	68,6	19,7	**	**	125	Mazurec (1998)

As maiores concentrações de Mg, Ca e C na serapilheira total do fragmento grande, não confirmam uma qualidade química superior, pois esta é caracterizada principalmente pela alta concentração de N e baixa razão C/N (Aerts, 1997; Limpens e Berendse, 2003; Kozovits *et al.*, 2007; Polyakova e Billor, 2007). Sendo assim, a maior concentração de N e menor razão C/N no total de folhas da serapilheira nos fragmentos pequenos, indicam que a composição florística destes fragmentos, característica do estágio sucessional secundário em que se encontram, parece ter afetado positivamente a qualidade química das folhas da serapilheira. Esta maior concentração de N e menor razão C/N nas folhas associada ao mesmo padrão encontrado para fração madeira se refletiu na serapilheira total desses fragmentos.

O estudo de produção de serapilheira realizado por Ferreira (2008) nos mesmos fragmentos pequenos do presente estudo, mostrou uma contribuição da fração folhas de 50 a 69% entre os três fragmentos e Nascimento (2005) encontrou uma contribuição de 70% no fragmento União 2300. De acordo com este resultado, verifica que a fração folhas da serapilheira total dos fragmentos estudados tem grande importância como indicadora do efeito da fragmentação sobre a qualidade química da serapilheira.

A maior concentração de Ca em todas as frações da serapilheira e na serapilheira total do fragmento grande pode estar relacionada à maior disponibilidade de Ca no solo desses fragmentos (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008). Senão, o fragmento Estreito apresentou concentração deste elemento semelhante ao fragmento grande e maior que os demais fragmentos pequenos em todas as frações da serapilheira. Esta alta concentração de Ca no fragmento Estreito também reflete a maior concentração deste elemento no solo deste fragmento em relação aos demais fragmentos pequenos (Lima *et al.* 2006; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008).

As concentrações de K e Na apresentam uma dinâmica de variabilidade característica desses elementos em relação a sua fácil lixiviação, o que dificulta uma simples associação da sua concentração com possíveis efeitos da fragmentação.

5.6.3. Efeito do tamanho do fragmento sobre o aporte de nutrientes

A diminuição da biomassa do fragmento tem levado a diminuição da produção de serapilheira (Villela e Proctor, 1999; Portela e Santos, 2007; Vidal *et al.* 2007; Ferreira, 2008) o que pode diminuir a entrada de nutrientes no sistema (Villela

et al., 2006; Nascimento, 2005). No presente estudo foi encontrado menor aporte de nutrientes nos fragmentos pequenos em relação ao fragmento grande, sendo este resultado reflexo da menor produção de serapilheira total nos fragmentos pequenos (7,2 a 8,2 t/há, Ferreira, 2007) em relação ao fragmento grande da Reserva União 2300 (9,38 t/há; Nascimento, 2005). Esse menor aporte de nutrientes nos fragmentos pequenos refletiu o menor estado de conservação destes fragmentos, o que foi corroborado pela correlação significativamente positiva entre o aporte de Ca, K, C e N com os parâmetros estruturais (AB e NI) e a riqueza de espécies (S) dos fragmentos (Tabela 5.5), onde esta relação mostrou um aumento do aporte dos nutrientes de acordo com o aumento dos parâmetros estruturais e riqueza de espécies no fragmento União 2300. Este resultado indica um efeito negativo do tamanho sobre a entrada de nutrientes através da serapilheira nos fragmentos estudados.

O maior aporte de C através da serapilheira total nos fragmentos grandes foi reflexo do maior aporte deste elemento através da fração resto. Cabe ressaltar que a fração resto dos fragmentos do presente estudo incluiu também a fração flor e fruto para a análise de nutrientes. Neste caso, o maior aporte de C e N no fragmento grande parece ser reflexo da maior produção da fração flor e fruto neste fragmento em relação aos fragmentos pequenos (Ferreira, 2008). Essa maior produção no fragmento grande parece estar relacionada com a maior diversidade florística deste fragmento em relação aos fragmentos pequenos. Este resultado sugere que a diminuição da diversidade arbórea nos fragmentos pequenos influenciou em um menor aporte de nutrientes através da fração flor e fruto nestes fragmentos.

Pesquisas buscam avaliar o efeito do tamanho do fragmento sobre a produção de serapilheira têm encontrado uma menor produção em fragmentos menores em relação aos fragmentos maiores (Vidal *et al.*, 2007; Portela e Santos 2007). Esses autores também relacionam a diminuição da produção de serapilheira com as características estruturais da floresta, como porte das árvores e desenvolvimento do dossel.

Outros estudos têm confirmado a influência de efeitos da fragmentação sobre a produção de serapilheira, como aumento da produção de folhas de serapilheira na borda de fragmentos associado a um maior aporte de Mg e Na em relação ao interior do fragmento na Mata Atlântica da Reserva União 2300 (Nascimento, 2005) e diminuição da camada de serapilheira sobre o solo na borda

(Gama, 2005). O estudo de Vasconcelos e Luizão (2004) mostrou um aumento da produção de serapilheira total na borda de fragmentos na Amazônia. Esses resultados por vezes contrastantes entre si se associam a mudança na estrutura do fragmento ou na área de borda desses resultantes dos efeitos da fragmentação, e como conseqüência alteram a entrada de nutrientes para o ambiente. De acordo Portela e Santos (2007), o efeito de borda na produção de serapilheira parece não seguir um padrão, podendo depender de inúmeros fatores tais como tipo de floresta, histórico da fragmentação, tamanho e grau de isolamento dos fragmentos, tipo de matriz circundante, entre outros.

Outros tipos de impactos podem afetar o aporte de nutrientes, assim como verificado por Villela *et al.* (2006), ao avaliar o efeito do corte seletivo sobre o aporte de nutrientes em Mata Atlântica de tabuleiros, RJ. Esses autores verificaram que os aportes da maioria dos nutrientes na serapilheira total e na fração folhas foram significativamente maiores na área preservada do que na área sobre influencia do corte seletivo, refletindo a contribuição das folhas de *Metrodorea nigra*, que foi considerada uma espécie chave na dinâmica de nutrientes na área.

Estudos demonstram que matas em estágio de regeneração primária e secundária apresentam menor produção de serapilheira em relação a matas maduras (Ewel, 1976; Toledo *et al.*, 2002; Portela e Santos, 2007), o que provavelmente está relacionado com as características da estrutura e diversidade florística de cada estágio sucessional. Segundo Didham e Lawton (1999), a idade da mata e sua composição predominante por espécies secundárias são prováveis fatores que fazem com que a estrutura da floresta passe a ter um papel mais importante na determinação da produção de serapilheira. Esses resultados mostram que o estágio sucessional tem influencia sobre a produção de serapilheira e conseqüentemente sobre o aporte de nutrientes para o solo, como visto no presente estudo em que as diferenças encontradas no aporte de nutrientes entre os fragmentos pequenos e grandes se relacionaram as diferenças estruturais entre eles.

5.6.4. Importância das espécies na ciclagem de nutrientes nos fragmentos

A importância de uma espécie no funcionamento do ecossistema também pode ser avaliada a partir da sua contribuição relativa para a biomassa total (Grime, 1998). Neste contexto, a espécie *G.guidonia* nos fragmentos do presente estudo

parece assumir relevante importância, pois de acordo com Jorge Araújo de Lima (dados não publicados) esta espécie apresentou elevada biomassa nos fragmentos pequenos do presente estudo e de acordo Carvalho *et al.* (2006; 2008) é uma das espécies dominantes nestes fragmentos.

A importância de *G.guidonia* no funcionamento dos fragmentos pequenos do presente estudo pode também ser confirmada pela sua importante contribuição no aporte de nutrientes, pois suas folhas foram responsáveis pela entrada de 10 a 20 % dos nutrientes estudados (C:11%; N:12%; Ca: 15%; K: 23%; P: 18% e Na: 11%). No entanto, Fraga (2007), analisando a comunidade de plântulas nas mesmas áreas, amostrou um único indivíduo de *G. guidonia* entre os fragmentos estudados. Segundo a autora a espécie em questão está saindo da comunidade local em função do processo sucessional nesses fragmentos. De acordo com essas informações, verifica-se que a saída da *G.guidonia* dos fragmentos pequenos em função da mudança do padrão sucessional, pode trazer uma alteração no padrão de ciclagem de nutrientes devido à diminuição na entrada de nutrientes através desta espécie. Este padrão de importância de espécie na entrada de nutrientes foi verificado por Villela *et al.*, (2006) para a espécie *Metrodorea nigra* var. *brevifolia* em uma Floresta Atlântica Estacional, na região Norte Fluminense, RJ sobre influência de corte seletivo. De acordo com estes autores, a saída de *Metrodorea nigra* por consequência do corte seletivo também altera a entrada de nutrientes na floresta.

Outros estudos também têm verificado o papel de espécies na ciclagem de nutrientes como a dominância de *Peltogyne gracilipes* na Ilha de Maracá, na Amazônia (Villela e Proctor, 2002) e *Clusia hilariana* como espécie facilitadora na formação de moitas na Restinga de Jurubatiba, RJ (Silva, 2003; Scarano *et al.*, 2004; Silva, 2006; Bonadiman, 2007; Dias e Scarano, 2007; Souza, 2008).

5.6.5. Variação Sazonal da concentração e aporte de nutrientes

A variação sazonal do aporte de nutrientes nos fragmentos pequenos foi maior na época chuvosa refletindo a maior queda da serapilheira total nesta época (Ferreira, 2008) assim como encontrado por Nascimento (2005) para o fragmento União 2300. As frações folhas de *G. guidonia* também apresentou maior pico de produção na época chuvosa (Ferreira, 2007) sendo estas em conjunto com a fração outras folhas, responsáveis pelo padrão de variação sazonal do aporte de nutrientes.

Este padrão de influência da produção das folhas sobre o aporte de nutrientes também foi encontrado por Nascimento (2005) para o fragmento União2300 já que em geral a fração folhas apresenta maior contribuição percentual no total da serapilheira produzida na maioria dos estudos de produção de serapilheira (Mazurec, 1998).

5.6.6. Eficiência de Uso de Nutrientes (EUN)

Os resultados da eficiência de uso de Ca e K na serapilheira total indicam que as espécies do fragmento grande parece estar usando menos eficientemente esses elementos em relação as espécies dos fragmentos pequenos. A fração outras folhas confirma este padrão, pois esta apresentou menor eficiência de uso de todos os nutrientes no fragmento União2300 em relação aos fragmentos pequenos.

A maior EUN nas folhas dos fragmentos pequenos parece esta relacionado à grande presença de espécies secundárias iniciais nesses fragmentos (Carvalho *et al.*, 2008), pois em geral estas espécies apresentam maior eficiência de uso de nutrientes em relação a espécies de estágios mais avançados (Kellman, 1969). Com isso, verifica-se que, a diferença na EUN entre os fragmentos pequenos e o fragmento grande parece ser reflexa da diferença na composição de espécie observada entre esses fragmentos, conforme sugerido em outros estudos (Knops *et al.*, 1996; Villela e Proctor, 1999; Vitousek, 2004). Com isso, verifica-se que o padrão de ciclagem de nutrientes entre os fragmentos pequenos e o grande do presente estudo é influenciado pela diferença na composição florística entre eles, como consequência dos efeitos da fragmentação.

A concentração de nutrientes no solo desses fragmentos em geral não explicou a variabilidade na eficiência de uso dos nutrientes (Tabela 5.9), apenas no fragmento Afetiva que a concentração de Mg no solo explicou 90% da variação da eficiência do uso deste nutriente pela serapilheira total e a concentração de K explicou 96% da variação na eficiência do uso de K. Estes resultados mostram que a eficiência de uso de Mg e K no fragmento Afetiva são influenciadas pela disponibilidade destes elementos no solo, e a de N e P parecem ser influenciados pelo processo de eficiência de retranslocação destes nutrientes, pois alguns autores (Aerts and Chapin, 2000) indicam uma relação fechada entre a eficiência de retranslocação de nutrientes e a (EUN).

Tabela 5.9: Correlação entre a Eficiência de Uso de Nutrientes (EUN) e a concentração de nutrientes no solo dos fragmentos.

Fragmentos	Nutrientes no solo				
	Ca	Mg	K	P	N
Afetiva	0,312	0,925*	0,960*	-0,420	-0,013
Estreito	0,463	0,025	0,776	-0,496	-0,137
Vendaval	0,723	0,746	0,519	-0,385	-1,155

* Correlação significativa ($p=0,05$)

5.7.CONCLUSÕES

A diminuição do tamanho do fragmento não afetou negativamente a qualidade química da serapilheira nas matas do presente estudo.

O maior aporte dos nutrientes no fragmento grande em relação aos fragmentos pequenos mostra um efeito negativo da diminuição da área do fragmento na entrada de nutrientes para o sistema.

A menor eficiência de uso de nutrientes observada nas folhas da serapilheira do fragmento União 2300, indica que as espécies dos fragmentos pequenos são mais eficientes no uso de nutrientes, como resultado do efeito do tamanho do fragmento sobre a composição florística destes fragmentos.

CAPÍTULO 6. DECOMPOSIÇÃO E MINERALIZAÇÃO DE NUTRIENTES DE FOLHAS DE *GUAREA GUIDONIA (L.) SLEUM.* NA MATA ATLÂNTICA DE BAIXADA NA APA DA BACIA DO RIO SÃO JOÃO, RJ: EFEITO DO TAMANHO DO FRAGMENTO.

6.1. INTRODUÇÃO

A decomposição da serapilheira e a mineralização de seus nutrientes, têm papel chave na regulação da disponibilidade de nutrientes e conseqüentemente no padrão de crescimento vegetal (DeAngelis, 1992; Heal, 1997). Em florestas tropicais a decomposição da serapilheira é controlada especificamente por três fatores: o ambiente físico, a qualidade do recurso e pela comunidade de organismos decompositores (Swift e Anderson, 1978; Aerts 1997; Szumigalski e Bayley 1996, Aerts e De Caluwe 1999). A qualidade da serapilheira é representada pela suas características químicas, como concentração de nutrientes, lignina e polifenóis (Aertes, 1997; Fischer *et al.*, 2006; Shiels, 2006; Raich *et al.*, 2007). Neste contexto, o ambiente físico e a qualidade do recurso podem juntos ter influencia sobre a comunidade decompositora e desta forma afetar a velocidade de decomposição da serapilheira (Heal *et al.*, 1997; Gartner, e Cardon, 2004). Assim, mudanças na qualidade da serapilheira resultantes de alteração na composição de espécies da comunidade vegetal (Villela e Proctor, 1999), associada à alterações microclimáticas do ambiente, podem alterar as taxas de decomposição do ambiente (Didham, 1998;Gama,2005).

A existência de limitação de nutrientes para a vegetação em um ambiente pode ser avaliada através de medidas da disponibilidade de nutrientes no solo (Aerts e Chapim, 2000; Vitousek, 2004), e essa disponibilidade é influenciada pelo padrão de entrada de nutrientes através da produção e decomposição da serapilheira. Dessa forma, espera-se que alterações nas taxas de decomposição possam afetar a disponibilidade de nutrientes no solo, pois é através do processo de decomposição da serapilheira e mineralização da matéria orgânica que os nutrientes são liberados para o solo em ecossistemas terrestres (Swift e Anderson, 1989) e então disponibilizados para a absorção da vegetação.

O padrão de liberação de nutrientes pode apresentar diferenças entre espécies e entre tipos florestais (Villela e Proctor, 2002; Polyakova e Billor, 2007), o

que pode ser claramente evidenciado através das variações nas taxas de decomposição entre espécies (Wardle *et al.*, 1997; Gartner e Cardon, 2004; Kazakou *et al.*, 2006) e entre ambientes.

Alguns estudos confirmam efeitos antrópicos negativos capazes de afetar as taxas de decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira tais como, corte seletivo (Villela *et al.*, 2006), fragmentação florestal (Didham, 1998; Gama, 2005). Estudos em fragmentação têm demonstrado que fragmentos menores estão mais sujeitos aos efeitos da fragmentação (Kapos, 1989; Camargo e Kapos, 1995; Murcia, 1995; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008), como mudanças no padrão da vegetação (Laurance, 1991; Laurance *et al.*, 1998; Carvalho *et al.*, 2006; 2007) e na dinâmica do ecossistema (Saunders *et al.*, 1991). Procópio-de-Oliveira *et al.* (2008), estudando remanescentes florestais na região da bacia do rio São João-RJ, verificaram alterações na estrutura da vegetação e na dinâmica da floresta decorrentes dos efeitos da fragmentação.

Apesar do avanço e interesse em estudos relacionados ao efeito da fragmentação em florestas, ainda são poucos os que visam compreender o efeito deste impacto sobre a decomposição e mineralização da serapilheira em florestas tropicais (Didham, 1998; Didham e Lawton, 1999; Gama, 2005; Rubinstein e Vasconcelos, 2005), sendo ainda mais escasso para Mata Atlântica (Gama, 2005).

6.2. OBJETIVOS.

Dentro do exposto este estudo tem como objetivo estimar a taxa de decomposição e a liberação de nutrientes das folhas de *Guarea guidonia* em 6 fragmentos e verificar a influência da fragmentação sobre tais processos em fragmentos de Mata Atlântica na região de baixadas do Rio de Janeiro, RJ.

6.3. HIPÓTESES.

1. A perda de massa das folhas de *Guarea guidonia* é menor em fragmentos pequenos em relação a fragmentos grandes em áreas de Mata Atlântica.
2. A liberação de nutrientes das folhas de *Guarea guidonia* é afetada pelo tamanho do fragmento.

6.4. MATERIAL E MÉTODOS

6.4.1. Desenho experimental

Para o presente estudo foram utilizados seis fragmentos: três pequenos (Afetiva 25,5 ha, Estreito 23,3 ha e Vendaval 33,5 ha) e três grandes (“Rio Vermelho” 406 ha, “União 500” ha e “União 2300” ha). O clima da região é caracterizado como tropical úmido com temperaturas médias mensais variando de 21,8 a 29,0 °C e precipitação média anual de 1.995 mm. O período chuvoso vai de setembro a março (Figura 6.1).

As demais informações a respeito da área de estudo estão descritas no capítulo 2 desta tese.

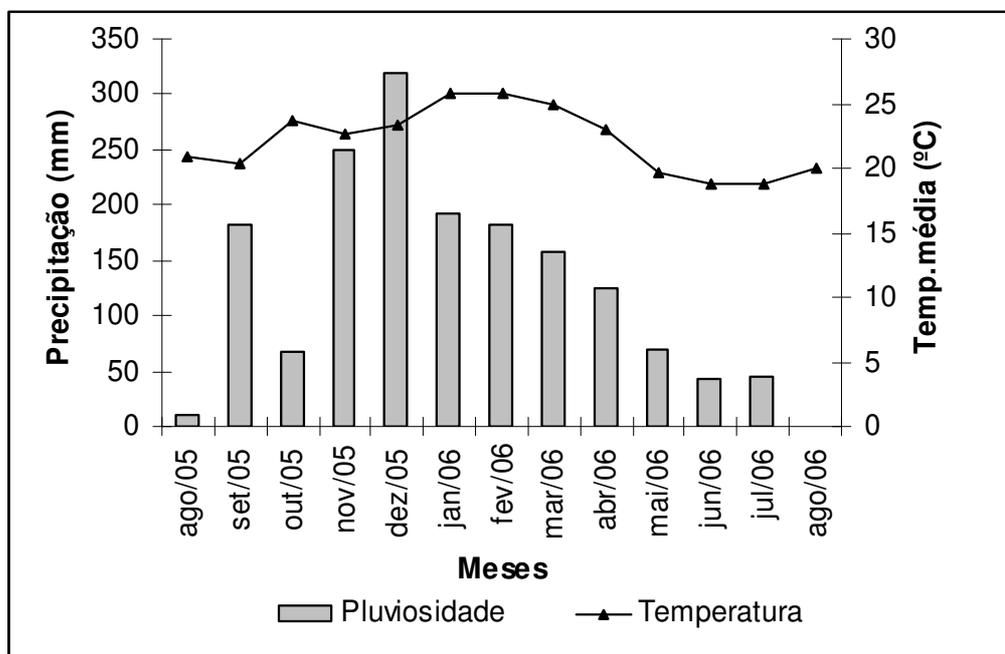


Figura 6.1. Precipitação pluviométrica na região de Silva Jardim, RJ. Fonte: Associação Mico-Leão-Dourado.

6.4.2. Decomposição de foliar da espécie *Guarea guidonia*.

O experimento de decomposição foi realizado utilizando-se folhas de uma espécie arbórea importante na área de estudo, a *Guarea guidonia*. A seleção dessa espécie baseou-se no alto valor de cobertura (IVC = 22,41) e de dominância relativa (DoR = 14,55) apresentados por ela em todos os fragmentos pequenos (Carvalho, 2005).

Para o experimento de foram coletadas folhas senescentes recém caídas sobre a serapilheira, caracterizadas pelo pecíolo com coloração amarelo-esverdeada

(Villela e Proctor, 2002). Aproximadamente 4 g (peso seco ao ar) de folhas secas ao ar da espécie selecionada foram colocados separadamente em sacos de serapilheira (*litter bags*) de 20 cm x 24 cm, com malha de 1 mm e furos laterais de 10 mm de diâmetro (malha grossa) (Villela e Proctor, 2002). Três grupos contendo oito sacos de serapilheira cada um, foram alocados de forma aleatória em cada uma das quatro parcelas de cada um dos 6 fragmentos (Afetiva, Vendaval, Estreito, Rio Vermelho, União 500 ha e União 2300 ha) totalizando 96 sacos por fragmento. O experimento de decomposição iniciou no dia 22 de junho de 2005 (estação seca) e teve duração de 364 dias. As coletas dos sacos de decomposição foram feitas em intervalos de 15, 45, 98, 158, 215, 268, 334 e 364 dias após a alocação deste. A cada coleta 3 sacos eram amostrados por parcela, sendo um de cada grupo, totalizando 12 sacos por fragmento. Após cada coleta, as folhas contidas nos sacos foram limpas para remoção de areia e raízes, secas em estufa de circulação (60 °C, 24 h), pesadas e moídas em grau e pistilo, e armazenadas para análise química.

Seis sub-amostras de folhas senescentes de cada fragmento, foram pesadas, secas em estufa a 60° C por 24 horas e pesadas novamente para a estimativa do percentual de água das folhas. Essas mesmas folhas foram utilizadas para análise das concentrações iniciais dos nutrientes.

6.4.3. Análise química dos nutrientes

As análises químicas das folhas em decomposição foram feitas para as três amostras coletadas em cada parcela (N=3 por parcela) totalizando 12 amostras por fragmento em cada tempo amostral. As folhas do tempo inicial (T₀) também foram analisadas para obtenção das concentrações iniciais de nutrientes e estimativas do percentual de água.

As determinações de C e N totais foram feitas utilizando-se um auto-analisador de CHNS/O (Perkin Elmer 2400). Para a extração de P, Ca, K, Mg e Na, sub-amostras (0,20 g) foram digeridas em 4,4 ml de uma solução de ácido sulfúrico concentrado (350 ml), água oxigenada 100 volumes (420 ml), selênio (0,42 g) como catalisador e sulfato de lítio (14 g) (Allen 1989). As determinações de P, Ca, K, Mg e Na foram feitas em espectrofotometria de emissão por plasma induzido (ICP/AES-Varian). As análises químicas das folhas foram realizadas no Laboratório de Ciências Ambiental (LCA) na UENF, RJ.

6.4.4. Fatores Ambientais

A temperatura e umidade do ar no interior de cada fragmento foram medidos com Termohigrômetro 4457002, em dois intervalos de coleta do experimento de decomposição. A temperatura do solo foi determinada com o termômetro de solo, colocado a 5cm de profundidade do solo, sendo feita em todos os intervalos de coleta.

Análise dos dados – Dois modelos de regressão foram testados para avaliação do melhor ajuste dos dados de decomposição: linear ($X_t / X_0 = C + kt$) e exponencial simples ($\ln(x/x_0) = -kt$), onde x_0 é a massa inicial, x é a massa remanescente no tempo t (avaliado para 364 dias), k é a constante de decomposição (ano^{-1}) e C é o coeficiente linear (Jenny, 1949; Olson, 1963).

A estimativa da meia-vida das folhas de *G.guidonia*, que representa o tempo necessário para degradar 50% da massa (peso seco), foi obtida através da equação proposta por Olson (1963), onde: $\ln(0,5)/k=0,693/k$, então $t_{0,5}=0,693/k$ (Olson, 1963). O valor de k utilizado foi obtido do modelo que apresentou melhor ajuste dos dados. Para realização dos testes estatísticos os dados foram normalizados através de transformação arco-seno. A diferença da concentração inicial de cada nutriente entre as classes de tamanho de fragmentos foi testada através da análise de variância agrupada (ANOVA “*nested design*”), considerando cada fragmento como fator randômico dentro de cada classe de tamanho de fragmento (fator fixo) (Zar, 1999).

Para testar a diferença da variação sazonal da perda de massa e da liberação de nutrientes ao longo do tempo entre as classes de tamanho de fragmento, foi utilizada Análise de Variância de medias repetidas (“repeated measurement”, Zar, 1984). Foram utilizadas regressões de Pearson para avaliar a relação entre a perda de massa e a liberação de nutrientes da serapilheira.

6.5. RESULTADOS

6.5.1. Fatores Ambientais

O valor médio obtido para umidade do ar foi significativamente maior nos fragmentos grandes. As temperaturas do ar e do solo não apresentaram diferenças significativas entre as classes de fragmentos (Tabela 6.1)

Tabela 6.1. Fatores ambientais dos fragmentos pequenos e grandes na região da bacia do rio São João, RJ. Os valores se referem às médias de 4 parcelas em cada fragmento. Letras diferentes entre linhas e na mesma coluna, indicam diferenças significativas entre as classes de fragmentos (ANOVA “nested” $p \leq 0,05$).

Classe de Fragmento	Temperatura do ar °C	Umidade do ar (%)	Temperatura do solo °C
Fragmentos Pequenos			
Afetiva	31±1,2	52±2,1	18±1,2
Estreito	32±1,0	49±1,5	19±1,0
Vendaval	33±0,9	49±1,1	20±1,0
Média	32±1,0	50±1,7 B	19±1,0
Fragmentos Grandes			
Rio Vermelho	30±0,9	61±2,1	20±0,8
União 500	27±1,0	70±3,5	19±1,0
União 2300	28±1,2	76±5,2	19±1,0
Média	28±1,5	69±7,5 A	19±0,6

6.5.2. Perda de massa

O padrão de perda de massa foliar ao longo dos 364 dias de experimento de decomposição foi similar ($p \leq 0,05$) entre as classes de fragmentos, onde ao final do experimento 72 % do material foliar foi decomposto na classe de fragmentos pequenos e 70 % nos fragmentos grandes (Figura 6.2). A análise de cada tempo individual mostrou uma diferença significativa entre as classes apenas nos 334 dias de experimento, sendo o percentual remanescente significativamente maior nos fragmentos grandes (Figura 6.2). No entanto, apesar de não significativa observa-se uma tendência de maior perda de massa nos fragmentos pequenos a partir de 215 dias de experimento até o final deste (Figura 6.2).

A maior perda de massa das folhas de *G. guidonia* ocorreu nos primeiros 158 dias de experimento, quando 44 % de massa foi perdida nos fragmentos pequenos e 46 % nos fragmentos grandes. Já nos restantes 206 dias (158 a 364 dias) a perda de massa foi menor, sendo 27% nos fragmentos pequenos e 24% nos fragmentos grandes, caracterizando uma desaceleração no processo de decomposição das folhas de *G. guidonia* após 158 dias.

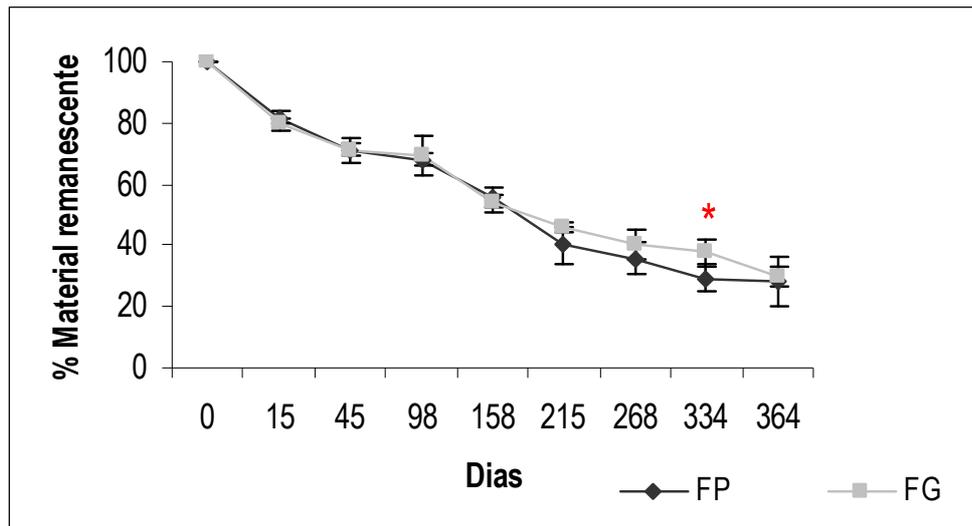


Figura 6.2. Percentual de material remanescente (peso seco) de folhas de *G.guidonia* em fragmentos pequenos e grandes na região da bacia do rio São João, RJ. Os valores se referem às médias de 4 parcelas em cada fragmento. As barras representam o DP (N= 3 fragmentos por classe de tamanho). * (ANOVA $p \leq 0,05$).

O modelo que melhor se ajustou aos dados de perda de massa foi o exponencial simples, tanto nos fragmentos pequenos, quanto nos fragmentos grandes (Figura 6.3). Esse modelo em geral é o que melhor se ajusta aos dados em diversos estudos em florestas tropicais úmidas (Rubinstein, 2005; Aidar e Joly, 2003; Hamadi *et al.*, 2000; Aragão, 1997; Shiels, 2006), por se adequar mais aos dados em que a decomposição apresenta maior velocidade no início do experimento devido à lixiviação de compostos mais solúveis, característico de florestas tropicais úmidas.

Para estimativa da taxa de decomposição (k) foi utilizado o modelo exponencial simples, que apresentou melhor ajuste dos dados (Figura 6.3). O k tendeu a ser maior nos fragmentos pequenos e a meia vida das folhas de *G.guidonia* tendeu a ser maior na classe de fragmentos grandes (Tabela 6.2).

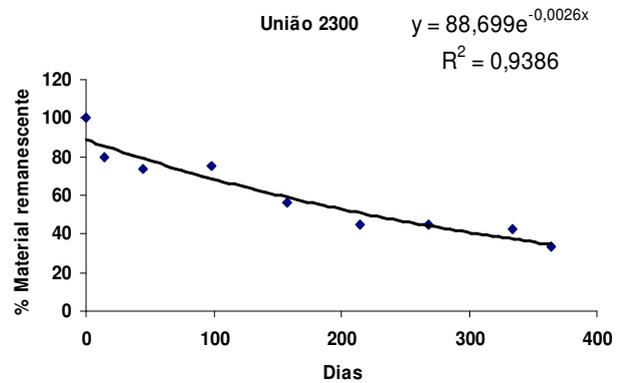
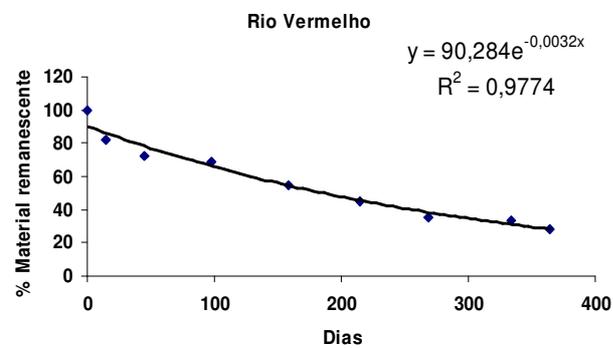
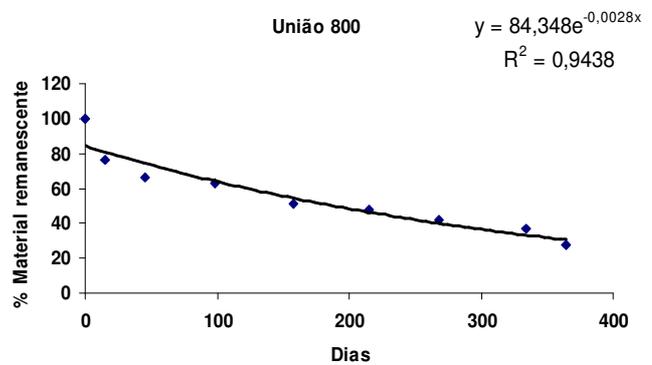
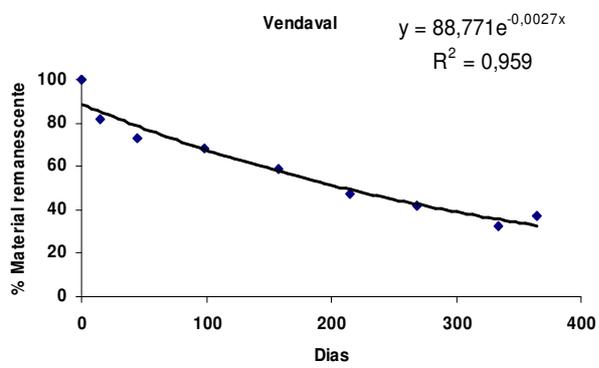
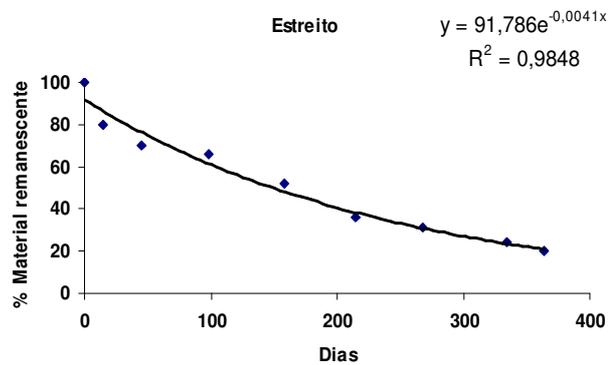
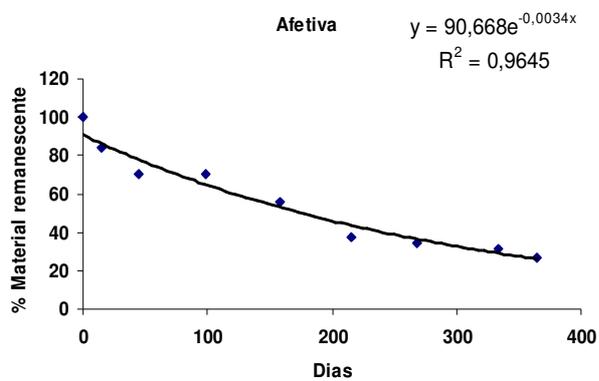


Figura 6.3. Regressão exponencial simples entre os dias de coleta e o percentual de material remanescente de folhas de *G.guidonia* em seis fragmentos da região da bacia do rio São João, RJ.

Tabela 6.2. Taxa de decomposição (k) e meia-vida das folhas de *G.guidonia* em seis fragmentos de Mata Atlântica na bacia do rio São João, RJ. O k e a meia-vida foram estimados através da regressão exponencial simples para 364 dias de experimento.

Classe de Tamanho	k	Meia-vida (dias)	R²
Fragmentos Pequenos			
Afetiva	1,24	204	0,96
Estreito	1,49	169	0,98
Vendaval	0,98	257	0,96
Média	1,23	210	0,96
Fragmentos Grandes			
Rio Vermelho	1,16	217	0,98
União 800	1,02	248	0,94
União 2300	0,95	267	0,98
Média	1,04	244	0,96

6.5.2. Concentração inicial de nutrientes

As concentrações iniciais de Ca, P e Na foram significativamente maiores nos fragmentos grandes em relação aos fragmentos pequenos (Tabela 6.3). Já as concentrações dos demais nutrientes foram similares entre as classes de tamanho de fragmentos (Tabela 6.3).

A razão C/N e a C/P iniciais foram significativamente maiores que as finais em ambas as classes de fragmentos. Entre as classes de fragmentos a razão C/N inicial e final foram similares. Já a razão C/P tanto inicial quanto final foram significativamente maiores nos fragmentos grandes (Tabela 6.4).

As concentrações iniciais de C, N, P e razão C/N e C/P das folhas de *G.guidonia* não apresentaram correlação significativa com a taxa de decomposição Tabela (6.5).

Tabela 6.3. Média da concentração inicial (T0) dos nutrientes nas folhas de *G.guidonia*. Os valores representam médias de sub-amostras de folhas de *G.guidonia* em cada um dos 6 fragmentos (n=8). Letras diferentes entre linhas e na mesma coluna, indicam diferenças significativas entre as classes de fragmentos (p<0,05).

Fragmentos	Ca	Mg	P	K	C(%)	N(%)	Na
Fragmentos							
Pequenos							
Afetiva	9,3±1,6	3,4±0,4	0,9±0,1	15,8±2,1	46,98±1,43	2,29±0,31	1,7±0,7
Estreito	9,5±0,9	3,7±0,4	0,9±0,1	15,6±2,0	45,54±1,03	1,94±0,18	1,4±0,5
Vendaval	9,4±1,7	3,4±0,3	0,9±0,2	14,5±1,8	46,51±0,71	1,71±0,28	1,5±0,5
Média	9,3±0,9 B	3,5±0,2 A	0,9±0,05 B	15,3±1,1 A	46,34±0,73A	1,98±0,29A	1,5±0,4 b
Fragmentos							
Grandes							
Rio Vermelho	10,6±1,6	3,5±0,5	1,0±0,1	15,2±2,4	46,02±19,86	2,11±0,37	2,0±0,8
União 500	10,1±1,6	3,2±0,4	1,0±0,2	13,6±1,8	54,58±1,25	2,74±0,30	2,2±0,4
União 2300	11,6±1,3	3,4±0,3	1,0±0,3	15,7±2,6	63,34±12,58	3,13±0,68	2,1±0,6
Média	10,7±1,3 A	3,4±0,3 A	1,0±0,1 A	14,9±1,7 A	54,65±8,66A	2,66±0,51A	2,1±0,5A

Tabela 6.4. Razões C/N e C/P nas folhas de *G.guidonia*. Os valores representam médias de sub-amostras de folhas de *G.guidonia* em cada um dos 6 fragmentos (n=8). Letras maiúsculas diferentes entre linha e na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as classes de fragmentos (ANOVA “nested desing” p<0,05). Letras minúsculas entre colunas na mesma linha indicam diferenças significativas entre razão inicial e final (Teste t de Student, p<0,05).

Fragmentos	C/N inicial	C/N final	C/P inicial	C/P final
Fragmentos Pequenos	24 a	9b	501 Ba	553 Bb
Fragmentos Grandes	21 a	9b	543 Aa	595 Ab

Tabela 6.5. Correlação entre a taxa de decomposição e a concentração inicial de C, N, P e razão C/N e C/P.

	C	N	P	CN	CP
Taxa de decomposição (k)	0,612ns	0,4574ns	0,5179ns	0,250ns	0,509 ns

Correlação Pearson: ns = não significativo

6.5.3. Liberação e/ou acúmulo de macro-nutrientes

O padrão de liberação ou acúmulo dos macronutrientes durante o processo de decomposição das folhas de *G. guidonia* foi diferente significativamente entre as classes de fragmentos para Ca e N. Ao analisar cada tempo separadamente foram observadas algumas diferenças significativas para alguns nutrientes (Figura 6.4 e 6.5).

O percentual remanescente de C apresentou um padrão de decaimento ao longo de todo período de decomposição em ambas as classes de fragmentos, e seguiu o padrão de perda de massa das folhas de *G.guidonia* (Figura 6.5). No entanto, este padrão foi mais lento em relação aos demais elementos e a maior queda do percentual remanescente ocorreu após 215 dias de experimento (FG = 43; FP =49%) onde 53 % e 57% de C foram liberados nos fragmentos pequenos e grandes respectivamente. Entre 215 dias até os 364 dias de experimento a liberação de C foi de apenas 12% nos fragmentos pequenos e 20% nos fragmentos grandes, onde este período pode caracterizar uma imobilização deste elemento. Em 15 dias de experimento a liberação de C foi apenas de 3% nos fragmentos pequenos e 20%

nos fragmentos grandes, sendo o percentual remanescente de C significativamente menor nos fragmentos grandes (80%) em relação aos fragmentos pequenos (97%). Este padrão também foi observado em 45 dias, 158 dias e 364 dias (Figura 6.5), onde ao final do experimento 64% de C foi liberado nos fragmentos pequenos e 77% nos fragmentos grandes.

O padrão de liberação de C foi confirmado através da relação significativamente positiva entre o percentual de massa remanescente e a concentração de C nos fragmentos grandes (Figura 6.7). Porém, os fragmentos pequenos não apresentaram tal relação.

O padrão de liberação de N apresentou grande variação ao longo do experimento de decomposição em ambas as classes de fragmentos, e não seguiu o padrão da perda de massa das folhas de *G. guidonia* (Figura 6.5). O percentual remanescente de N tendeu a ser menor nos fragmentos grandes ao longo de todo experimento, sendo diferente significativamente em 158 dias de experimento (FP =154 % ; FG = 95%) e no final do experimento (FP =100%; FG = 52%). O N apresentou um padrão de acúmulo longo do período de decomposição das folhas de *G. guidonia* (Figura 6.5). Este acúmulo foi confirmado através da relação significativamente negativa entre o percentual de massa remanescente e a concentração de N em ambas as classes de fragmentos, mostrando um aumento na concentração de N de acordo com a perda de massa (Figura 6.7). Este aumento da concentração de N ao final do experimento de decomposição foi mais acentuado na classe de fragmentos pequenos, pois nos fragmentos grandes houve uma liberação de 49% ao final do experimento e nos fragmentos pequenos não foi observada liberação de N, sendo que a concentração deste chegou a 100% no final do experimento (Figura 6.5).

O percentual remanescente de P apresentou maior queda até 215 dias de experimento (Figura 6.4) onde neste período 62% de P foi liberado nos fragmentos pequenos e 69% nos fragmentos grandes. A partir deste período até os 364 dias finais do experimento apenas 7% de P foi liberado nos fragmentos pequenos e 10% nos fragmentos grandes, caracterizando um período de imobilização deste elemento durante o processo de decomposição das folhas de *G. guidonia*. Este padrão de acúmulo de P foi observado através da manutenção de um padrão homogêneo do percentual remanescente deste até o final do experimento (Figura 6.4). No entanto, foi encontrado um percentual remanescente de P significativamente menor nos

fragmentos grandes em relação aos fragmentos pequenos em 334 dias de experimento (FP = 29; FG = 23%) nos 364 dias (FP = 31; FG = 21%). O padrão de liberação de P ao longo do processo de decomposição das folhas de *Guarea* é confirmado apenas na classe de fragmentos grandes através da relação significativamente positiva entre o percentual de massa remanescente das folhas de *G. guidonia* e a concentração de P (Figura 6.4).

A percentual remanescente de Ca foi significativamente menor nos fragmentos grandes nos 158 dias de experimento e no final deste (Figura 6.4). O padrão de liberação de Ca se assemelhou ao padrão de perda de massa das folhas de *G. guidonia* em ambas as classes de fragmentos e a maior liberação de Ca ocorreu após 158 dias de experimento nas duas classes de fragmentos (Figura 6.4) (FP= 42%; FG = 52%), intervalo em que ocorreu a maior perda de massa das folhas de *G. guidonia*. A partir deste período até o final do experimento houve uma desaceleração na liberação de Ca chegando a um total de 66 % liberado nos fragmentos pequenos e 79% nos fragmentos grandes. A liberação líquida de Ca ao longo do período de decomposição das folhas de *G. guidonia* nos fragmentos grandes foi confirmada através da relação significativamente positiva entre o percentual de massa remanescente e a concentração de Ca em nos fragmentos grandes (Figura 6.6). Já nos fragmentos pequenos não foi observada correlação significativa entre a perda de massa foliar e a liberação de Ca (Figura 6.6).

O percentual remanescente de K apresentou um padrão diferente dos demais elementos, onde em apenas 15 dias de experimentos 50% deste elemento já tinha sido liberado nos fragmentos pequenos e 63% nos fragmentos grandes (Figura 6.4). O percentual de K apresentou uma acentuada queda até 45 dias de experimento (Figura 6.4) com uma liberação de 84 % nos fragmentos pequenos e 85% nos fragmentos grandes (Figura 6.4), e a partir deste período manteve um padrão homogêneo até final do experimento em ambas as classes de fragmentos (Figura 6.4). Ao longo do processo de decomposição foi encontrada diferença significativa apenas no período de 45 dias de experimento, quando os fragmentos pequenos apresentaram um percentual remanescente de K significativamente menor (16 %) em relação aos fragmentos grandes (22%) (Figura 6.4). O padrão de liberação de K se relacionou positivamente com o percentual de massa remanescente em ambas as classes de fragmentos (Figura 6.6).

O padrão de liberação de Mg se assemelhou ao padrão de perda de massa das folhas de *G.guidonia* em ambas as classes de fragmentos (Figura 6.4). O percentual remanescente de Mg apresentou diferença significativa entre as classes de fragmentos apenas com 15 dias de experimento onde este percentual foi significativamente menor nos fragmentos pequenos (74%) em relação aos fragmentos grandes (83%). A maior diminuição no percentual remanescente de Mg ocorreu até 158 dias de experimento nas duas classes de fragmentos (Figura 6.4) com uma liberação de 55% nos fragmentos pequenos e 59% nos fragmentos grande. Assim como o Ca este período coincidiu com o intervalo em que ocorreu a maior perda de massa das folhas de *G.guidonia*. A partir deste período se observa uma desaceleração no processo de liberação de Mg até os 364 dias de experimento. Neste período a liberação de Mg se tornou mais lenta onde 23% foram perdidos nos fragmentos pequenos e 24% nos fragmentos grandes (Figura 6.4). Esse percentual remanescente de Mg chegou ao final do experimento com 22 % nos fragmentos pequenos e 17% nos fragmentos grandes.

O percentual de massa remanescente das folhas de *G. guidonia* apresentou uma correlação altamente significativa com a concentração de Mg em ambas as classes de fragmentos (Figura 6.6) o que confirma a liberação líquida deste elemento ao longo do processo de decomposição em ambas as classes de tamanho.

O padrão de variação do percentual remanescente de Na se assemelha ao do K com acentuada queda até 45 dias de experimento (Figura 6.4) e a partir deste período manteve um padrão homogêneo até final do experimento em ambas as classes de fragmentos. O percentual remanescente de Na foi significativamente menor nos fragmentos grandes em relação aos fragmentos pequenos em 98, 158 e 334 dias de experimento (Figura 6.4). A relação significativamente positiva entre o percentual de massa remanescente e a concentração de Na em ambas as classes de fragmentos confirma a liberação deste elemento ao longo do processo de decomposição (Figura 6.6).

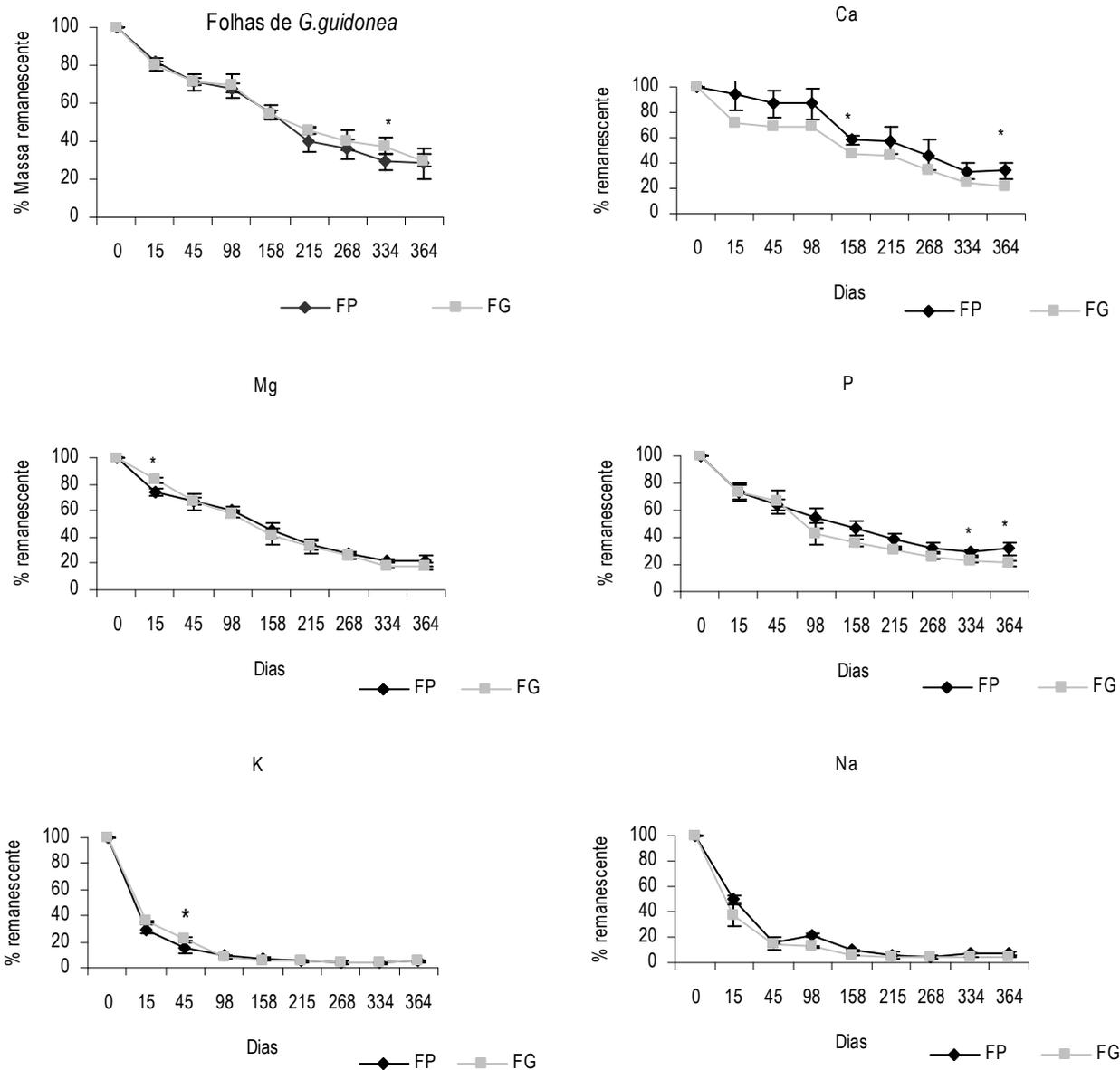


Figura 6.4: Percentual remanescente de Ca, K, Mg, P, K e Na em folhas de *Guarea guidonia* ao longo de 364 dias de experimento em fragmentos pequenos (FP) e fragmentos grandes (FG) na região da bacia do rio São João, RJ. Os valores se referem às médias de 4 parcelas em cada 3 fragmentos por classe. As barras verticais equivalem ao desvio padrão

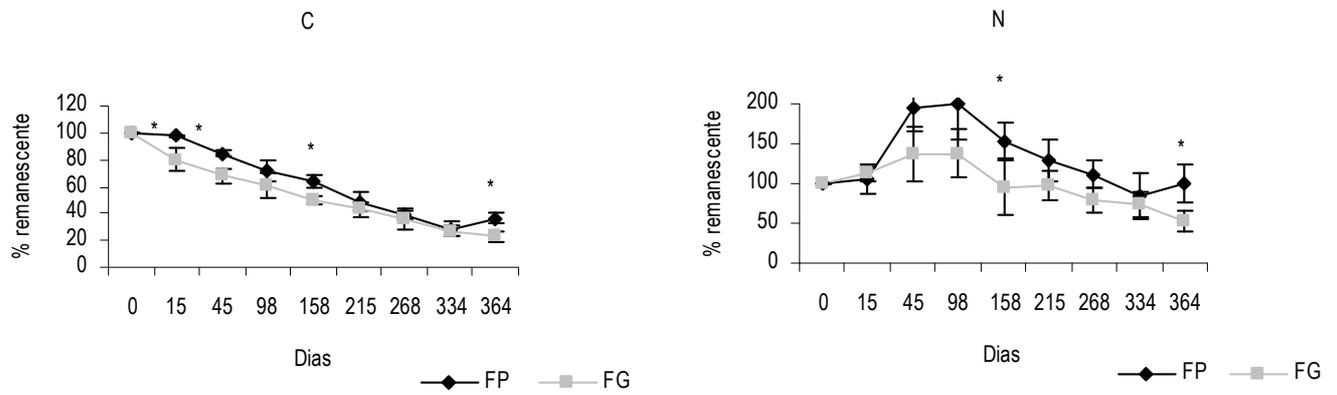


Figura 6.5: Percentual remanescente de C e N em folhas de *G. guidonia* ao longo de 364 dias de experimento em fragmentos pequenos (FP) e fragmentos grandes (FG) na região da bacia do rio São João, RJ. Os valores se referem às médias de 4 parcelas em cada 3 fragmentos por classe. As barras verticais equivalem ao desvio padrão

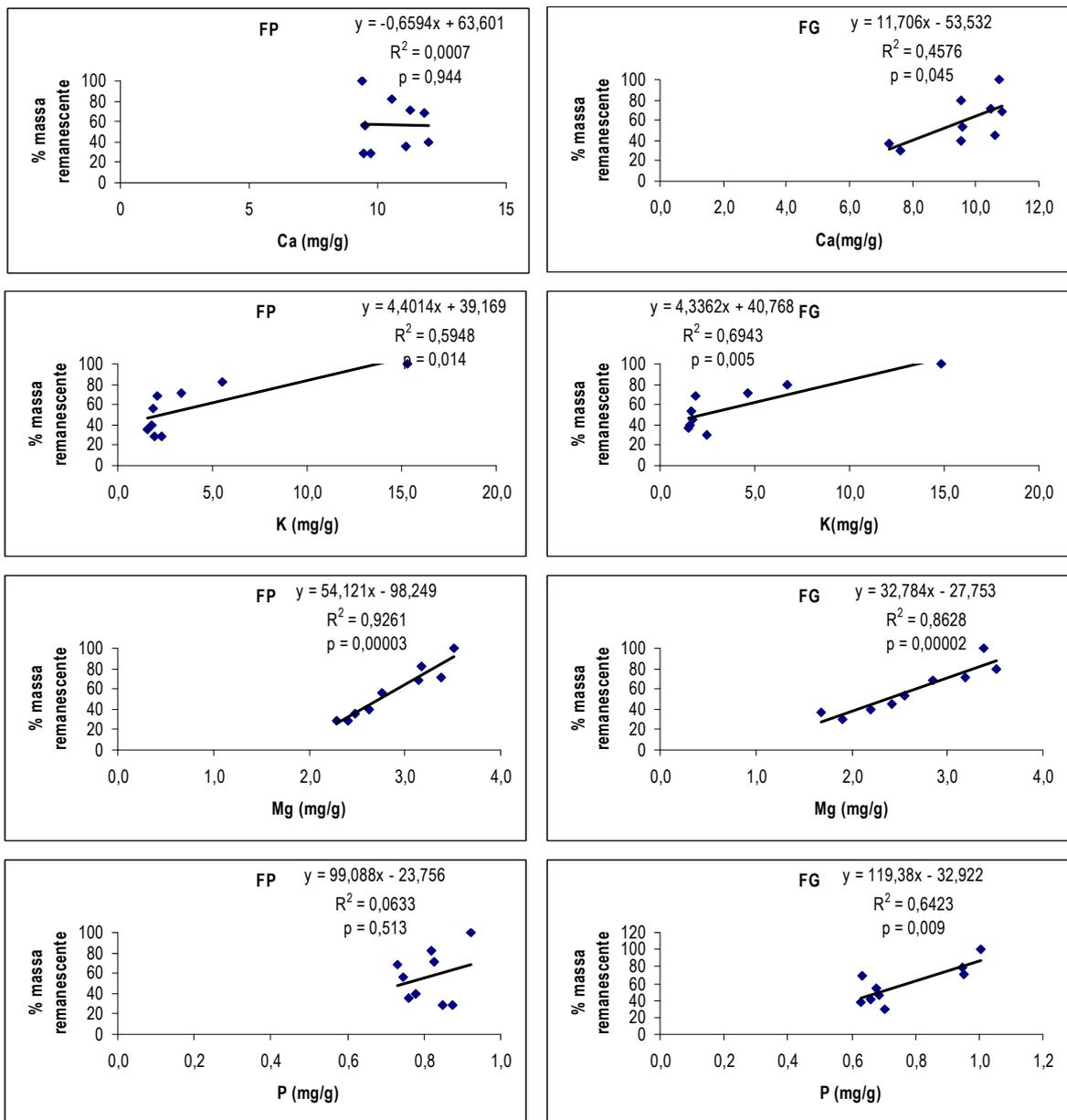


Figura 6.6. Regressão entre a concentração de Ca, K, Mg e P e o percentual de massa remanescente em fragmentos pequenos (FP) e grandes (FG).

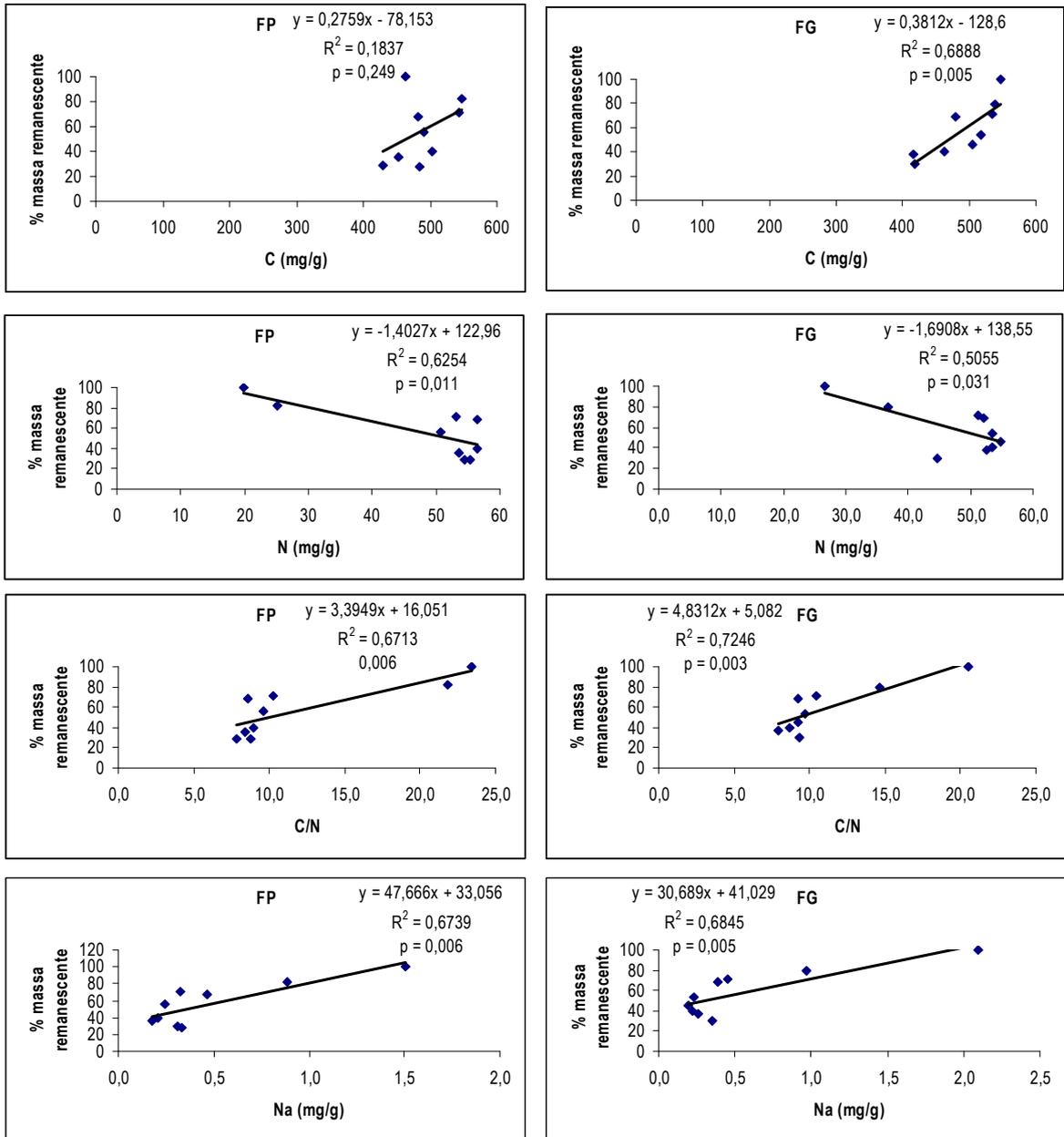


Figura 6.7. Regressão entre a concentração de C, N, Na e razão C/N e o percentual de massa remanescente em fragmentos pequenos (FP) e grandes (FG).

6.6. DISCUSSÃO

6.6.1. O padrão de perda de massa das folhas de *G.guidonia*

A primeira fase da decomposição é caracterizada pela perda relativamente rápida de compostos solúveis e imobilização de nitrogênio (Swift *et al.*, 1979; Wieder e Lang, 1982; Heal *et al.*, 1997), ocorrendo também a liberação dos nutrientes da serapilheira (Prescott, 2005). Nessa primeira fase, a perda de massa tende a ser mais rápida em relação às fases finais do processo de decomposição (Swift *et al.*, 1979; Wieder e Lang, 1982; Heal *et al.*, 1997), assim como encontrado para folhas de *G.guidonia* nos fragmentos do presente estudo, que apresentou a maior perda de massa nos primeiros 158 dias de experimento (Figura 6.2), sendo esta perda de 50% em ambas as classes de fragmentos.

Alguns estudos de decomposição iniciados na época chuvosa mostraram que a primeira fase da decomposição é fortemente influenciada pela chuva (Costa *et al.*, 2005; Aragão, 2000; Villela e Proctor, 2002; Gama, 2005; Cianciaruso *et al.*, 2006), pois observaram uma maior perda de massa nos meses da estação chuvosa associada a pulsos de liberação de nutrientes (Swift *et al.*, 1979; Villela e Proctor, 2002). O experimento do presente estudo teve início na época seca. Entretanto, a velocidade de decomposição foi mais rápida no início do experimento. Porém, o período compreendido entre 98 e 158 dias (28/09 a 27/11/2006) já é caracterizado pela presença de chuvas na região, o que possivelmente favoreceu a maior perda de massa ao final de 158 dias de experimento.

Os valores da taxa de decomposição de folhas de *G. guidonia* encontrados neste estudo estão acima de valores encontrados para outras áreas de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro (Tabela 6.6). Esses resultados sugerem uma qualidade superior das folhas de *G. guidonia* no que diz respeito à velocidade de decomposição, pois diversos estudos demonstram que esta velocidade é fortemente influenciada pela qualidade química da serapilheira (Heal *et al.*, 1997; Moretto e Distel 2003; Myers *et al.*, 1994; Hamadi *et al.*, 2000; Raich *et al.*, 2007).

Estudos de Gama (2005) avaliando a taxa de decomposição com experimento de folhas mistas na União2300 evidenciou uma taxa de decomposição menor ($k = 0,65$) em relação às folhas de *G.guidonia* no mesmo fragmento ($k = 0,95$). Essa diferença parece se relacionar a maior concentração inicial de N e menor razão C/N nas folhas de *G.guidonia* (N=3,1%; C/N 20) em relação às folhas mistas (N=1,5%; C/N= 30)

usadas por Gama (2005). No entanto, é necessário considerar o uso de folhas mistas neste experimento, pois folhas de diferentes espécies com qualidade de recurso e estrutura foliar diferentes muda o ambiente químico e físico e alteram a superfície da serapilheira total onde a decomposição está ocorrendo. Estas alterações também afetam a abundância e atividades dos decompositores e influenciar na diferença de taxa de decomposição entre experimentos de folhas mistas e folhas de espécies individuais (Gartner e Cardon, 2004).

Tabela 6.6: Comparação da taxa de decomposição (k) estimada pelos modelos linear (L) e exponencial simples (ES) para experimentos começando na estação seca (S) e na estação chuvosa (C) em diferentes formações florestais.

Tipo de Floresta	*Método e duração	Estação	*Modelo	Tipo de folha	Perda de massa (%)	K	Autor
	Silva Jardim, RJ.						
Floresta Ombrófila Densa Fragmentos Pequenos	FI, 364d	Seca	ES	FSer		1,23	Este Estudo
Fragmentos Grandes	FI, 364d	Seca	ES	FSer		1,04	Este Estudo
Mata atlântica, RJ	FI, 365d	Chuvosa	ES	FSer		0,98	Froufe, (2005)
Floresta subtropical chuvosa – Porto Rico.	FI, 365d	Chuvosa	ES	FS		1,49	Shiels (2006)
Plantio de Eucalipto, Norte Fluminense, RJ	FI, 365d	Chuvosa	ES	FSer		1,24	Costa <i>et al.</i> , (2005)
Mata de Tabuleiro, RJ.	FI, 365d	Chuvosa	ES	FS		0,50	Aragão (2000)
	FI, 365d	Chuvosa	ES	FS		0,43	Aragão (2000)
Mata Atlântica, RJ.	FM, 365d	Seca	ES	FS		0,65	Gama (2005)
	FM, 365d	Seca	ES	FS		0,43	Gama (2005)
Deserto	FI, 365d	chuvosa	ES	FS		1,16	Hamadi <i>et al.</i> , (2000)
Floresta tropical seca- Índia	FI, 365d	chuvosa	ES	FS		1,02	Dutta and Agrawal (2001)
Floresta tropical chuvosa- África Central	FI, 364d	Seca	ES	FS		0,95	Chuyong, et al. (2002)
Amazônia	FM, 360d	Seca	ES	FV		---	Rubinstein (2005)

Maracá	FM, 360d	Chuvosa	ES	FS	0,61	Luizão (1998)
Maracá	FM, 360d	Seca	L	FS	0,51	Villela e Proctor (2002)
Continuação tabela 6.6.						
Floresta decídua temperada, Japão.	FM, 1050d	Seca		FS		Ozono e Takeda, (2004)
Floresta tropical estacional chuvosa, China.	FM, 365d	—	ES	FSer	1,79	Zheng, (2006).
Floresta tropical, Nova Guiné.	FI, 90d	—	ES	FSer	2,22	Rogers, (2002)
Floresta tropical estacional, China.	FI, 365 d	—	ES	FSer	2,30	Huang <i>et al.</i> , (2007).

FM= folhas mistas; FI= folhas individuais; FS=folhas senescente; FSer=folhas da serapilheira; FV= folhas verdes ES = exponencial simples; L= linear

As comparações das taxas de decomposição nos fragmentos estudados com outros ecossistemas confirmam a alta taxa de decomposição das folhas de *G. guidonia* (Tabela 6.6), com exceção do resultado encontrado por Rubistein (2001), em experimento de folhas mistas na Amazônia onde a autora encontrou uma taxa bem elevada ($k=3,16$). No entanto, a autora usou folhas verdes, o que não retrata as condições reais da qualidade química das folhas da serapilheira resultante da perda de nutrientes durante o processo de senescência. Com isso, a taxa de decomposição encontrada por essa autora pode estar superestimada em função da melhor qualidade química das folhas verdes, como maior concentração de N associada a menor razão C/N.

Alguns valores de taxa de decomposição reportados para florestas na Amazônia (Luizão, 1998; Villela e Proctor, 2002) estão abaixo dos valores encontrados neste estudo, o que demonstra a alta taxa de decomposição de *G.gudionia* quando comparada aquele ecossistema de alta pluviosidade. Os valores de meia-vida também são inferiores aos encontrados em outros ecossistemas brasileiros (Tabela 6.6), o que confirma a maior velocidade de decomposição das folhas de *G.gudionia* nos fragmentos estudados.

O fato dos valores da taxa de decomposição encontrados para folhas de *G.gudionia* estarem acima de valores encontrados tanto para áreas secas como mata de tabuleiro, assim como na Amazônia (Tabela 6.6), sugere que esta diferença não se relaciona com a variação de pluviosidade entre essas áreas. Outros fatores intrínsecos da espécie parecem ter maior efeito sobre a diferença na taxa de decomposição entre essas florestas, tal como a qualidade química das folhas de *G.gudionia*. Em geral, plantas com alta concentração de N e baixa razão C/N apresentam decomposição mais rápida (Liao *et al.*, 2006), o que parece ser o caso das folhas da serapilheira de *G.gudionia*. Já plantas que apresentam alta concentração de C e baixa concentração de N, a decomposição torna-se lenta (Ozono e Takeda, 2006). Outros estudos também mostram que a decomposição pode ser limitada pela concentração de N, alta razão C/N e alta razão L/N (Moreto e Distel, 2003).

Ao final do experimento a perda de massa das folhas de *G.gudionia* é influenciada mais pela limitação de P, confirmada pela alta razão C/P nesta fase (Figura 6.6) do que pela razão C/N que apresentou grande diminuição ao final do experimento (Figura 6.6). Essa influência da razão C/P sobre a perda

de massa tem sido observada em outros estudos de decomposição (Chatain *et al.*, 2009).

6.6.2. Liberação e/ou acúmulo de nutrientes em folhas de *G.guidonia*

No processo de decomposição das folhas de *G.guidonia* o N apresentou um padrão de imobilização e acumulação, sendo que sua liberação ocorreu nas fases finas do experimento de decomposição nos fragmentos grandes. Já o Ca, Mg, C e P foram liberados de acordo com a decomposição das folhas de *G.guidonia* nas duas classes de fragmentos e apresentaram maior tempo de residência na serapilheira em relação ao Na e ao K. O P mostrou um padrão de liberação no início do experimento e uma imobilização nas fases finais. O período de imobilização do P foi o de menor perda de massa, tal como evidenciado por Zheng (2006) em experimento de decomposição em floresta tropical estacional chuvosa na China. Esta observação indica que o P pode ser limitante ao processo de decomposição, o que parece se associar ao aumento da razão C/P ao final do experimento (Tabela 6.2; Figura 6.4).

A relação significativamente positiva entre o percentual de massa remanescente das folhas de *G.guidonia* e concentração de C nessas folhas nos fragmentos grandes, (Figura 6.7) mostrou que a de liberação de C foi controlada pelo processo de degradação da serapilheira, sendo esta liberação mais rápida no início do experimento, assim como encontrado em outros estudos (Rogers, 2002; Gama, 2005; Scheer, 2006; Zheng, 2006; Aragão, 2007).

A liberação de Ca mostrou um padrão de retenção nos primeiros três meses nos fragmentos pequenos ao contrário do observado nos fragmentos grandes, onde não foi observado tal período de retenção. Ao contrário do observado em outros estudos (Swift *et al.*, 1981; 1982; Gama, 2005) o padrão de liberação de Ca das folhas de *G.guidonia* nos fragmentos grandes não apresentou períodos de imobilização deste elemento, pois verificou-se um decaimento no percentual remanescente de Ca ao longo de todo o experimento.

A dinâmica de N durante o processo de decomposição das folhas de *G.guidonia* mostrou um padrão de acumulação principalmente nos fragmentos pequenos, semelhante ao encontrado em outros estudos (Villela e Proctor, 2002; Xu *et al.*, 2005; Scheer, 2006). Esse padrão de liberação de N é característico de florestas tropicais, no qual ocorre uma acumulação inicial e liberação nas fases finais do processo de decomposição (Swift *et al.*, 1979; Heal *et al.*, 1997; Wieder e Lang, 1982). Entretanto, o padrão de liberação de N nas fases finais não foi encontrado nos fragmentos pequenos do presente estudo. Esse aumento nas concentrações de N nas fases finais da decomposição pode ser resultado de uma adição externa de N através da colonização microbiana (Heal *et al.*, 1997). De acordo com Swift (1979) a observação do padrão de acumulação de N indica que a dinâmica deste elemento é biologicamente controlada pelos organismos decompositores. A relação significativamente negativa entre a massa remanescente e a concentração de N em folhas de *G.guidonia* (Figura 6.7) confirma o padrão de acumulação de N.

Os valores da razão C/N no início e ao final do experimento em ambas as classes de fragmentos (Tabela 6.4) não indicam uma limitação a liberação de N durante o processo de decomposição, pois, de acordo com Myers *et al.* (1994), resíduos vegetais com razão C/N < 25 em geral apresentam maior taxa de liberação de N. Já os resíduos vegetais com valores da razão C/N acima de 30 resultam de baixa reservas de nitrogênio mineral, e podem apresentar menor velocidade de decomposição (Vitousek *et al.*, 1982; Palm *et al.*, 2001), pois é o N que determina o crescimento e a renovação da biomassa microbiana responsável pela mineralização da matéria orgânica (Heal *et al.*, 1997; Loranger *et al.*, 2002). Nos fragmentos grandes, a maior liberação de N começou com 268 dias de experimento, período em que a serapilheira apresentou menor razão C/N (6). Nos fragmentos pequenos não foi observada esta relação devido a acumulação externa de N encontrada nestes fragmentos.

O padrão de liberação de Mg se relacionou ao padrão de perda de massa em ambas as classes de fragmentos, sendo esse padrão confirmado pela relação positiva e altamente significativa entre o percentual de massa remanescente e a concentração de Mg em ambas as classes de fragmentos

(Figura 6.5). Esse resultado mostrou que a liberação de Mg, assim como a de C, foi controlada pela perda de massa das folhas de *G.guidonia*.

O Na e o K apresentaram um padrão de rápida liberação no início do experimento, sendo a perda destes maiores que a perda de massa das folhas de *G.guidonia*. Esse resultado mostra que a liberação destes elementos é fortemente influenciada pela lixiviação assim como observado em outros estudos (Swift *et al.*, 1981; Pires, 2000; Villela e Proctor, 2002; Costa *et al.*, 2005; Gama, 2005; Zheng, 2006).

Ao final do experimento de decomposição quase todo o conteúdo de K foi liberado das folhas de *G.guidonia* (95%) em ambas as classes de fragmentos, assim como encontrado por Aragão (2000) em uma Mata de Tabuleiro no Norte Fluminense, RJ. Essa alta liberação de K se deve a alta mobilidade deste elemento no substrato, sendo este padrão confirmado em outros estudos realizados em florestas tropicais (Luizão *et al.*, 1998; Villela e Proctor, 2002; Gama, 2005; Scheer, 2006).

O padrão de liberação de P também seguiu o padrão de perda de massa em ambas as classes de fragmentos. O período compreendido entre 215 até o final do experimento caracteriza um período de imobilização deste elemento durante o processo de decomposição das folhas de *G.guidonia*, pois apenas 7% de P foi liberado nos fragmentos pequenos e 10% nos fragmentos grandes. Essa baixa liberação reflete a alta razão C/P em 215 dias em ambas as classes de fragmentos (FP= 648; FG = 736) e até ao final do experimento (Figura 6.4). Essa diminuição na liberação P de associada a alta razão C/P indica que o P foi responsável pela desaceleração da perda de massa observada neste período, pois alguns estudo verificou que este nutriente pode limitar a perda de massa durante o processo de decomposição (Costa, *et al.*, 2005; Xu *et al.*, 2005). Dias (2008), também verificou que a concentração de P explicou bem as variações nas taxas de decomposição em moitas de restinga em Jurubatiba, RJ. Com isso, é possível sugerir que no presente estudo o P foi limitante nas fases finais da decomposição das folhas de *G.guidonia*.

6.6.3. Efeito do tamanho do fragmento sobre a perda de massa das folhas de *G.guidonia*

Os resultados da decomposição do presente estudo não evidenciaram um efeito negativo do tamanho do fragmento sobre a perda de massa das folhas de *G. guidonia*, já que ao final do experimento esta foi similar entre as classes de fragmentos. Ao contrário do esperado, em 334 dias de experimento a perda de massa foi maior nos fragmentos pequenos. Porém, estudos demonstram que fragmentos pequenos de florestas tropicais estão mais sujeitos aos efeitos da fragmentação, como mudanças de clima e temperatura no seu interior (Camargo e Kapos, 1995) e diminuição da umidade do solo (Kapos *et al.*, 1997). Como o processo de decomposição é também controlado pelo microclima e pela comunidade de organismos decompositores (Swift *et al.*, 1979; Heal *et al.*, 1997), é esperado que a velocidade de decomposição em fragmentos pequenos possa ser afetada por alterações micro-climáticas capazes de afetar a comunidade decompositora (Wardle *et al.*, 1997; Gartner e Cardon, 2006). No entanto, no presente estudo foi verificado que a maior temperatura do ar nos fragmentos pequenos não foi suficiente para afetar negativamente a perda de massa das folhas de *G.guidonia*.

Didham (1998), ao avaliar o efeito da fragmentação sobre a decomposição de serapilheira em uma floresta de terra firme na Amazônia Central, verificou que fragmentos menores (1 ha) apresentaram menor taxa de decomposição em relação aos fragmentos grandes (10 a 100 ha). No entanto, Rubinstein e Vasconcelos (2005) não observaram tais efeitos em experimento de decomposição nos mesmos fragmentos estudados por Didham (1998). Cabe ressaltar que os fragmentos pequenos da Amazônia utilizados por esses autores se diferem dos usados no presente estudo, pois estes são mais recentes e com diferente histórico de uso.

A quantidade de N no material orgânico determina em parte a velocidade da sua decomposição e muitos estudos têm mostrado que a baixa velocidade de decomposição dos resíduos de alta relação C/N tem sido atribuída à deficiência de N e à presença de constituintes recalcitrante (Palm *et al.*, 2001). No entanto, apesar das folhas de *G.guidonia* nos fragmentos grandes terem apresentado uma tendência de maior concentração inicial de N

e menor razão C/N (Tabela 6.2 e 6.3), esta tendência não favoreceu a maior perda de massa nesses fragmentos, o que é explicado pela ausência de correlação significativa entre a taxa de decomposição e a concentração inicial de N das folhas de *G.guidonia*. Alguns estudos mostram a influência negativa de impactos antrópicos sobre as taxas de decomposição tais como, aumento na entrada de radiação através de clareiras ocasionadas por corte seletivo (Luizão *et al.*, 1998; Aragão, 2000), influência do efeito de borda sobre a velocidade de decomposição (Didham, 1998; Didham e Lawton, 1999; Gama, 2005) e influência da qualidade do substrato em florestas tropicais com estágios sucessionais diferentes (Xuluc-Talosa *et al.*, 2003). Entretanto, em todos os casos a velocidade de decomposição foi menor nas áreas que ocorreram estes distúrbios, inverso do obtido no presente estudo onde a diminuição do tamanho da área dos fragmentos da bacia do rio São João, RJ não afetou negativamente as taxa de decomposição das folhas de *G.guidonia*. Este resultado relaciona às características intrínsecas dos fragmentos pequenos como a maior capacidade de retenção de umidade do solo encontrada nesses fragmentos.

As alterações microclimáticas que ocorrem na borda dos fragmentos levam a uma diminuição da velocidade de decomposição da serapilheira neste ambiente, conforme encontrado por Gama (2005) em experimento de folhas mistas na Rebio União 2300. Esta autora observou uma maior velocidade de decomposição no interior do fragmento em relação a borda, influenciada pela maior umidade do solo no interior. Esse resultado foi semelhante ao encontrado por Didham e Lawton (1999) em fragmento na Amazônia, onde os autores observaram um gradiente crescente na decomposição da borda em relação ao interior, também relacionada a diferenças micro-climáticas. Porém, apesar dos fragmentos pequenos do presente se assemelhar a uma borda no que se refere aos parâmetros estruturais (Carvalho *et al.*, 2006; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008) não foi observada alteração negativa na umidade do solo desses fragmentos (Lima *et al.*, 2006), o que provavelmente não afetou a taxa de decomposição dessas áreas. De acordo com Fraga (2007), os fragmentos pequenos do presente estudo apresentaram uma maior taxa de abertura do dossel em relação aos fragmentos grandes, o que indica maior entrada de radiação nos fragmentos pequenos. No entanto, a maior abertura do dossel

nos fragmentos pequenos não afetou a temperatura do solo destes, pois esta foi similar entre fragmentos pequenos e grandes ao longo de todo o período do experimento. Esse resultado permite sugerir que a comunidade decompositora dos fragmentos pequenos não deve estar sendo afetada pela maior abertura do dossel ao ponto de afetar negativamente a taxa de decomposição desses fragmentos.

De acordo com Xuluc-Talosa *et al.* (2003) a fragmentação pode afetar a qualidade da serapilheira devido ao recrutamento de espécies de estágios sucessionais, e essas espécies podem diferir na concentração de nutrientes, lignina e compostos fenólicos. Os resultados do presente estudo mostram um efeito positivo da presença da espécie secundária *G.guidonia*, pois esta apresentou alta taxa de decomposição favorecendo uma rápida liberação de nutrientes.

6.6.4. Influência do tamanho do fragmento sobre a liberação e/ou acúmulo de nutrientes das folhas de *G.guidonia*: fragmentos pequenos x fragmentos grandes

Os menores percentuais remanescentes de C, Ca e P nos fragmentos grandes em relação aos fragmentos pequenos, mostraram uma maior liberação desses elementos nos fragmentos grandes, o que permite sugerir um efeito do tamanho do fragmento sobre tal processo. Essa maior liberação nos fragmentos grandes se assemelha ao padrão encontrado por Gama (2005) que ao avaliar o efeito de borda sobre a liberação de nutrientes em experimento de folhas mistas na Reserva União 2300, encontrou uma menor liberação de C, N e Ca na borda do fragmento em relação ao interior deste. A influência negativa de impacto antrópico sobre a liberação de nutrientes também foi observada por Aragão (2000), pois ao avaliar o efeito de clareiras na decomposição foliar em mata de tabuleiro no Norte Fluminense, RJ, encontrou uma maior liberação de C na área fechada do que nas áreas de clareiras. Esses resultados corroboram a ideia de que a menor liberação de C, Ca e P nos fragmentos pequenos do presente estudo está sendo afetada por efeitos da fragmentação.

A acumulação de N nos fragmentos pequenos resultou em uma concentração final deste elemento semelhante à concentração inicial, já nos

fragmentos grandes a liberação de N foi de 50%, o que mostra que nos fragmentos pequenos a dinâmica de liberação de N parece ser mais controlada biologicamente pelos organismos decompositores em relação aos fragmentos grandes. De acordo com Lima *et al.* (2006) os solos dos fragmentos pequenos do presente estudo apresentaram maior retenção de umidade ao longo do ano em relação aos fragmentos grandes. Este padrão de maior umidade nos solos dos fragmentos pequenos foi responsável pela acumulação de N nas folhas de *G.guidonia* por favorecer uma maior colonização microbiana. Com isso, verifica-se que este resultado não se relaciona aos efeitos da fragmentação.

A liberação dos nutrientes nos fragmentos pequenos foi ordenada como $K > Na > Mg > P > Ca > C > N$ e nos fragmentos grandes como $K = Na > Mg > Ca = P > C > N$. Isso mostra que depois do N o Ca, P e C apresentaram liberação mais lenta em relação aos demais nutrientes em ambas as classes de fragmentos. No entanto, como já citado a liberação desses elementos foi mais lenta nos fragmentos pequenos. Esse resultado mostra uma possível interferência do efeito da fragmentação sobre nutrientes em que a liberação está relacionada à perda de massa e que são liberados mais lentamente. Tal observação é confirmada pelas correlações significativamente positivas entre as concentrações de Ca, P e C com o percentual de massa remanescente encontradas apenas nos fragmentos grandes. Essa relação mostrou que nos fragmentos grandes as liberações de C, Ca e P foram mais influenciadas pela perda de massa, o que parece ter favorecido a maior liberação desses elementos nesses fragmentos em relação aos fragmentos pequenos. Tal resultado pode estar relacionado com possíveis alterações no micro-ambiente formado entre a serapilheira e o solo nos fragmentos pequenos, pois é neste micro-ambiente que ocorrem as mudanças químicas e físicas da serapilheira. Neste caso, possíveis alterações neste compartimento por efeitos da fragmentação, como maior incidência de radiação, modificam a dinâmica de liberação de nutrientes da serapilheira. Com isso, verifica-se a necessidade de uma avaliação mais detalhada de possíveis alterações microclimáticas na camada da serapilheira desses fragmentos. Verifica-se também a necessidade de uma avaliação do padrão de liberação de nutrientes de um maior número de espécies para análises mais conclusivas

sobre o possível efeito do tamanho do fragmento na liberação de nutrientes da serapilheira.

6.7. CONCLUSÕES

A hipótese de que a diminuição do tamanho do fragmento promoveria uma menor perda de massa das folhas de *G. guidonia* não foi corroborada, pois os fragmentos pequenos apresentaram uma tendência de maior perda de massa em relação aos fragmentos grandes e as taxas de decomposição foram semelhantes entre as classes de fragmentos.

Os resultados da liberação de nutrientes das folhas de *G. guidonia* indicam um efeito negativo do tamanho do fragmento na liberação de C, P e Ca confirmando a segunda hipótese deste estudo.

A maior taxa de decomposição das folhas de *Guarea guidonia* em relação a outras áreas de Mata Atlântica parece esta relacionada à sua alta qualidade química caracterizada pela alta concentração de N e baixa razão C/N.

7. DISCUSSÃO GERAL

Os fragmentos pequenos da bacia do rio São João apresentam reflexos dos efeitos da fragmentação florestal além de outros efeitos antrópicos sobre a estrutura, composição florística e padrões sucessionais (Carvalho *et al.*, 2006; 2007; 2008; Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008), estando os fragmentos pequenos e médios em mal estado de conservação quando comparados ao fragmento da Rebio União 2300 (Carvalho *et al.*, 2008). Esses efeitos parecem se refletir em alguns aspectos da ciclagem observados no presente trabalho, como a maior concentração de Mg em folhas verdes de *Cupania oblongifolia* nos fragmentos pequenos em relação aos grandes, o que indica um efeito positivo da fragmentação no estado nutricional desta espécie.

A ausência de influência negativa da fragmentação sobre a concentração dos demais nutrientes analisados nas folhas de *G.guidonea* e *C.oblongifolia*, refletiu a ausência de efeito negativo sobre a concentração de nutrientes no solo. Pois, de acordo com Lima *et al.* (2006) os solos dos fragmentos pequenos deste estudo não apresentam uma limitação dos principais macro-nutrientes quando comparados aos fragmentos grandes, sugerindo que o tamanho do fragmento não interferiu na disponibilidade destes no solo ou em concentrações foliares.

Apesar do menor estágio de conservação dos fragmentos pequenos (Carvalho *et al.*, 2008) do presente estudo não ter afetado negativamente a concentração e retranslocação de nutrientes nas espécies estudadas, era esperado que os efeitos da fragmentação, tais como, diminuição da diversidade arbórea (Carvalho *et al.*, 2005; 2006; 2007) e menor estoque de serapilheira (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008) nos fragmentos pequenos desta pesquisa promovessem uma alteração na disponibilidade de nutrientes no solo (Martinelli *et al.*, 2000) e conseqüentemente na eficiência de retranslocação de nutrientes das folhas de *G. guidonia*.

Já a ausência da influência dos efeitos da fragmentação sobre a disponibilidade de nutrientes no solo dos fragmentos pequenos, parece também ter sido responsável pela ausência de influência do tamanho do fragmento na concentração de nutrientes na serapilheira, pois apesar dos

fragmentos pequenos estarem em estágio sucessional intermediário e apresentarem menor diversidade florística em relação aos fragmentos grandes (Carvalho *et al.*, 2006; 2007; 2008), estes não apresentaram serapilheira de qualidade química inferior. Ao contrário, a maior concentração de C associada a menor concentração de N na fração total de folhas da serapilheira e na fração madeira do fragmento União 2300 resultou em uma maior razão C/N na serapilheira total deste fragmento. Este resultado indica uma menor qualidade nutricional da serapilheira no fragmento grande em relação aos fragmentos pequenos. No entanto, outros estudos têm verificado que a diminuição da diversidade arbórea e o aumento da produção de folhas de espécies dominantes afetam a qualidade nutricional da serapilheira produzida (Campo e Dirzo, 2003; Read e Lawrence, 2003; Villela *et al.*, 2006; Kazakou *et al.*, 2006).

Mesmo que composição química da serapilheira produzida nos fragmentos pequenos do presente estudo não ter sido afetada, foi verificado que os efeitos da fragmentação sobre a estrutura e composição florística dos fragmentos pequenos se refletiram na produção de serapilheira total desses (Ferreira, 2008) o que resultou em um menor aporte de nutrientes nos fragmentos pequenos em relação ao fragmento grande da União 2300. Este resultado indica que a diminuição da biodiversidade e da biomassa arbórea nos fragmentos pequenos, tal como verificado por Lima *et al.*, (2006); Procópio-de-Oliveira *et al.*, (2008) e Carvalho *et al.*, (2008), levou a uma diminuição da entrada de nutrientes através da serapilheira para o solo, o que foi corroborado pela correlação significativamente positiva entre o aporte de Ca, K, C e N com os parâmetros estruturais (AB e NI) e a riqueza de espécies (S) dos fragmentos. Esta relação mostrou um aumento do aporte dos nutrientes de acordo com o aumento dos parâmetros estruturais e riqueza de espécies no fragmento União 2300.

O estágio sucessional dos fragmentos pequenos do presente estudo foi responsável pela menor aporte de nutrientes nesses fragmentos em relação aos fragmentos grandes, pois estudos demonstram que matas em estágio de regeneração primário e intermediário apresentam menor produção de serapilheira em relação a matas maduras (Ewel, 1976; Toledo *et al.*, 2002; Portela e Santos, 2007), o que provavelmente está relacionado com as características da estrutura e diversidade florística de cada estágio sucessional.

De acordo com Didham e Lawton (1999), a idade da mata e sua composição predominante por espécies secundárias são prováveis fatores que fazem com que a estrutura da floresta passe a ter um papel mais importante na determinação da produção de serapilheira. Estes resultados mostram que o estágio sucessional tem influencia sobre a produção de serapilheira e conseqüentemente sobre o aporte de nutrientes para o solo, como visto no presente estudo em que as diferenças encontradas no aporte de nutrientes entre os fragmentos pequenos e grandes se relacionaram as diferenças estruturais entre eles.

A semelhança na taxa de decomposição das folhas de *G.guidonea* entre os fragmentos pequenos e grandes não confirma a influência do tamanho do fragmento sobre a decomposição foliar, o que parece se relacionar com a qualidade química da serapilheira que também foi semelhante entre os fragmentos. Sabe-se que a taxa de decomposição é controlada pelo microclima e pela comunidade de organismos decompositores (Swift *et al.*, 1979; Heal *et al.*, 1997). Por tanto, era esperado que a velocidade de decomposição em fragmentos pequenos pudesse ser afetada por alterações micro-climáticas capazes de afetar a comunidade decompositora (Wardle *et al.*, 1997; Gartner e Cardon, 2006). No entanto, no presente estudo foi verificado que a maior temperatura do ar nos fragmentos pequenos não foi suficiente para retardar a perda de massa das folhas de *G.guidonia*.

Alguns estudos têm mostrado a influência negativa de impactos antrópicos sobre as taxas de decomposição, tais como: aumento na entrada de radiação através de clareiras ocasionadas por corte seletivo (Luizão *et al.*, 1998; Aragão, 2000), influência do efeito de borda sobre a velocidade de decomposição (Didham, 1998; Didham e Lawton, 1999; Gama, 2005) e influência da qualidade do substrato em florestas tropicais com estágios sucessionais diferentes (Xuluc-Talosa *et al.*, 2003). Entretanto, em todos os casos a velocidade de decomposição foi menor nas áreas que ocorreram estes distúrbios, inverso do obtido no presente estudo onde a diminuição do tamanho da área dos fragmentos da bacia do rio São João, RJ não afetou negativamente as taxa de decomposição das folhas de *G.guidonia*. Este resultado parece se relacionar às características intrínsecas dos fragmentos

pequenos como a maior capacidade de retenção de umidade do solo encontrada nos fragmentos pequenos em relação aos fragmentos grandes.

Apesar da perda de massa das folhas de *G.guidonea* não ter sido afetada pelo tamanho do fragmento, foi verificado uma menor liberação de C, Ca e P nos fragmentos pequenos em relação aos fragmentos grandes, o que permite sugerir um efeito negativo do tamanho do fragmento sobre tal processo. Essa maior liberação nos fragmentos grandes se assemelha ao padrão encontrado por Gama (2005), que ao avaliar o efeito de borda sobre a liberação de nutrientes em experimento de folhas mistas na Reserva União 2300, encontrou uma menor liberação de C, N e Ca na borda do fragmento em relação ao interior deste.

A influência negativa de impacto antrópico sobre a liberação de nutrientes foi também observada por Aragão (2000), pois ao avaliar o efeito de clareiras na decomposição foliar em mata de tabuleiro no Norte Fluminense, RJ, encontrou uma maior liberação de C na área fechada do que nas áreas de clareiras. Esses resultados corroboram a idéia de que a menor liberação de C, Ca e P nos fragmentos pequenos do presente estudo esta sendo afetada por efeitos da fragmentação.

Influência de *Guarea guidonia* nos fragmentos da Bacia do Rio São João, RJ.

A espécie *G.guidonia* está entre as espécies mais freqüentes da bacia do rio São João, apresentando freqüência relativa de 60% (Carvalho *et al.*, 2008), e é uma das espécies mais importantes da comunidade arbórea dos fragmentos pequenos (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008). O papel desta espécie na ciclagem de nutrientes dos fragmentos estudados merece atenção, pois os dados da presente pesquisa demonstraram que *G.guidonia* apresentou um adequado estado nutricional, confirmado pela alta concentração de N em suas folhas em relação a outras espécies de outras áreas. Isto parece ser resultado da alta eficiência de uso de nutrientes por esta espécie, pois *G.guidonia* apresentou expressiva eficiência de retranslocação para N, P e K. A alta concentração de N e baixa razão C/N nas folhas da serapilheira de *G.guidonia*, favoreceu a alta taxa de decomposição dessas folhas em relação à

de outras espécies em outras áreas de Mata Atlântica, o que resultou em uma liberação rápida de nutrientes.

Em estudo sobre a regeneração do sub-bosque nos mesmos fragmentos do presente estudo, feito por Fraga (2005), foi amostrado um único indivíduo de *G. guidonia* entre os fragmentos pequenos. Tal fato, segundo a autora, sugere que a espécie em questão esteja saindo da comunidade local em função da mudança do padrão sucessional desses fragmentos. Neste caso, a saída da *G. guidonia* de alguns fragmentos pode trazer uma alteração no padrão de ciclagem de nutrientes desempenhado por esta espécie em função de sua dominância e da sua importante contribuição relativa na entrada de nutrientes através da serapilheira.

Apesar dos efeitos da fragmentação nas áreas de estudo ainda não comprometeu a disponibilidade de nutrientes para a comunidade vegetal, indicado pelos dados de nutrientes no solo obtidos por Lima *et al.* (2006) e Procópio-de-Oliveira *et al.* (2008), é preciso considerar que os fragmentos pequenos podem alterar a disponibilidade de nutrientes devido a diminuição da entrada e liberação destes, através da serapilheira, como evidenciado neste estudo. Esta alteração pode interferir no padrão de regeneração de espécies, como, principalmente, as mais exigentes em nutrientes (Vitousek, 2004), afetando a trajetória sucessional desses fragmentos. Entretanto, é preciso considerar que os efeitos da fragmentação sobre essas áreas podem variar ao longo do espaço e do tempo, dificultando a simples associação com o tamanho.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tamanho do fragmento não afetou a concentração da maioria dos nutrientes nas folhas das espécies estudadas, porém a maior concentração de Mg nas folhas de *Cupania oblongifolia* indicou um efeito positivo do tamanho do fragmento.

A retranslocação de N, P e K em folhas de *Guarea .guidonia* não foi afetada pelo tamanho do fragmento.

O tamanho do fragmento alterou negativamente a entrada de nutrientes através da serapilheira produzida, diminuindo o aporte de Ca, K C e N nesses fragmentos.

Apesar do tamanho do fragmento não ter afetado a perda de massa das folhas de *G.guidonea*, este alterou a liberação de C, Ca e P dessas folhas, sendo a liberação desses nutrientes mais lenta nos fragmentos pequenos.

Considerando que a maior parte dos remanescentes de Mata Atlântica da bacia do rio São João são pequenos e ainda sujeitos aos efeitos da fragmentação (Procópio-de-Oliveira *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2008) e que tais fragmentos apresentam alterações negativas em seu estado nutricional, verifica-se a importância da conservação da estrutura e diversidade florística desses remanescentes, de forma a garantir a evolução do estágio sucessional atual para estágios mais maduros. De acordo com Rodrigues e Nascimento (2005), atualmente há indícios de que os processos sucessionais são modificados com a fragmentação, estando, neste caso, a ciclagem de nutrientes sujeita a alterações.

9. RECOMENDAÇÕES

As análises dos dados do presente estudo apontam efeitos do tamanho do fragmento em alguns aspectos da ciclagem de nutrientes. No entanto, observa-se a necessidade de um estudo de longa duração para uma melhor avaliação da ciclagem de nutrientes nesses fragmentos, objetivando a identificação de efeitos da fragmentação sobre os processos sucessionais desses fragmentos. Para isso, é indicado o uso de um maior número de espécies de estádios mais avançados para caracterização do estado nutricional destas, assim como avaliação do padrão eficiência de retranslocação, decomposição e participação destas espécies no aporte de nutrientes. Verifica-se também a necessidade uma avaliação da disponibilidade de nutrientes das camadas do solo superficial para a identificação de possíveis alterações ocasionadas pela diminuição na entrada de nutrientes através da serapilheira.

As informações obtidas no presente estudo associada as informações dos estudos de estrutura e diversidade florística (Carvalho *et al.*, 2006) e avaliação da biomassa arbórea e estoques de nutrientes (Procópio-de-Oliveira

et al., 2008) obtidos nos mesmos fragmentos, podem ajudar na avaliação da qualidade desses fragmentos para o mico-leão-dourado.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aerts R. & Berendse F. (1989) Above-ground nutrient turnover and net primary production of an evergreen and a deciduous species in a heathland ecosystem. *J. Ecol.* 77:343–56.
- Aerts, R. (1996) Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: are there general patterns? *Journal of Ecology.* 84:597–608.
- Aerts, R. e De Caluwe, H. (1997) Nutritional and plant-mediated controls on leaf litter decomposition of *Carex* species. *Ecology.* 78:244–260.
- Aerts, R. e Chapin III, F.S. (2000) The mineral nutrition of wild plants revisited: re-evaluation of processes and patterns. Pp. 1-67. In: A.H. Fitter & D.G. Raffaelli (eds.). *Advances in Ecological Research.* v.30. San Diego, Academic Press.
- Aidar, M.P.M e Joly, C.A. (2003) Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. – Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica.* 26(2):193-202.
- Allen, S.E. (ed.) (1989) *Chemical Analysis of Ecological Materials.* 2nd. Blackwell Scientific Publications. London.
- Anderson, J.M. e Swift, M.J. (1993) Decomposition in tropical forest> Sutton, S.L., Whitmore, T.C. Chadwick, A.C. (Eds.), *Tropical Rain Forest: Ecology and Management* 2: 287-309
- Aragão, L.E.O.C. (2000) Efeito de clareiras ocasionadas pelo corte seletivo na decomposição foliar e no solo de uma mata de tabuleiro no Norte Fluminense, RJ. Dissertação de Mestrado. Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense. Laboratório de Ciências Ambientais. Campos dos Goytacazes.
- Attiwill, P. M. & Adams, M. A. (1993) Nutrient cycling in forest. *New Phytol* 124: 561-582.
- Barbosa, J. H. C. (2000) Dinâmica da serrapilheira em estágios sucessionais de floresta atlântica (Reserva Biológica de Poço das Antas –RJ). Tese (Mestrado em Ciência do Solo) - Seropédica- RJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 202 pp.
- Beredense, F., Lammerts, E.J. e Olf.H. (1998) Soil organic matter accumulation and its implications for nitrogen mineralization and plant species composition during succession in coastal dune slacks. *Plant Ecology.* 137:71-78

- Bierregard, R. O.; Lovejoy, T. E.; Kapos, U.; Santos, A. A.; Hutchings, R.W. (1992) The biological dynamic of tropical rainforest fragments. *Bioscience* 42 (11):859-866.
- Boeger, M.R.T. Wisniewski, C. Reissmann, C.B. (2005) Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de floresta ombrófila densa no sul do Brasil. *Acta. Bot. bras.* 19(1): 167-181.
- Bonadiman, G. S. L., 2007. Decomposição e liberação de nutrientes de folhas de *Clusia hilariana* Schltch (Clusiaceae) em moitas da formação Arbustiva Aberta de *Clusia* no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.
- Breemem, N.V. (1995) Nutrient cycling strategies. *Plant and Soil.* 168-169: 321-326
- Britez, R.M.; Reissmann, C.B.; Silva, S.M.; Athayde, S.F.; Lima, R.X.B. & De Quadros, R.M. (1997) Chemical characterization of two forests on the coastal plains of the Ilha do Mel, Paraná, Brazil. *Developments in Plants and Soil Sciences* 78: 461-462.
- Bray , R.J.; Gorham, E. (1964) Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research.* 2:101-157.
- Cai, Z. & Bongers, F. (2007) Contrasting nitrogen and phosphorus resorption efficiencies in trees and lianas from a tropical montane rain forest in Xishuangbanna, south-west China *Journal of Tropical Ecology.* 23:115–118.
- Camargo, J. L. C. e Kapos, V. (1995) Complex edge effects in soil moisture and microclimat in Central Amazonian forest. *Jornal of Tropical Ecology,* Cambridge. p 205-221
- Campo, J. & Dirzo, R. (2003) Leaf quality and herbivory responses to soil nutrient addition in secondary tropical dry forests of Yucat'an, Mexico. *Journal of Tropical Ecology.* 19:525–530.
- Cardenas, I. e Campo, J. (2007) Foliar nitrogen and phosphorus resorption and decomposition in the nitrogen-fixing tree *Lysiloma microphyllum* in primary and secondary seasonally tropical dry forests in Mexico. *Journal of Tropical Ecology.* 23:107–113.
- Carrera AL, Bertiller MB, Sain CL, Mazzarino MJ (2003) Relationship between plant nitrogen conservation strategies and the dynamics of soil nitrogen in the arid Patagonian Monte, Argentina. *Plant Soil.* 255:595–604
- Carvalho, F.A. (2005) Efeitos da fragmentação florestal na florística e estrutura da Mata Atlântica Submontana da região de Imbaú, município de Silva Jardim, RJ. Dissertação (Mestrado). UENF-Centro de Biociências e Biotecnologia.

- Carvalho, F. A.; Nascimento, M.T. & Braga, J. M. A. (2006a) Composição e riqueza florística do componente arbóreo da Floresta Atlântica submontana na região de Imbaú, município de Silva Jardim, RJ. *Acta Botânica Brasilica*. 20(3):741-754.
- Carvalho, F. A.; Nascimento, M.T.; Braga, J.M.A. & Rodrigues, P.J.F.P. (2006b) Estrutura da comunidade arbórea da floresta Atlântica de baixada periodicamente inundada na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguesia* 57 (3): 503-518.
- Carvalho, F. A.; Nascimento, M.T. & Braga, J. M. A. (2007^a). Estrutura e composição florística do estrato arbóreo de um remanescente de Mata Atlântica.
- Carvalho, F.A, Nascimento, M.T. e Oliveira-Filho, A. T. (2008) Composição, riqueza e heterogeneidade da flora arbórea da bacia do rio São João, RJ, Brasil. *Acta bot. bras.* 22(4): 929-940.
- Chapin, F.S. (1980) The mineral nutrition of wild plants *Annual Review of Ecology and Systematics* 11: 233-240.
- Chapin F.S. III e Kedrowski R.A. (1993) Seasonal changes in nitrogen and phosphorus fractions and autumn retranslocation in evergreen and deciduous taiga trees. *Ecology* 64: 376 –391.
- Chapin, F.S. III (1993) The evolutionary basis of biogeochemical soil development. *Geoderma*. 57:223–227.
- Chapin, F.S. III, Shaver, G.R., Giblin, A.E., Nadelhoffer, K.J. & Laundre, J.A. (1995) Responses of arctic tundra to experimental and observed changes in climate. *Ecology*. 76: 694–711.
- Chatain, A. Read, J. e Jaffré, T. (2009) Does leaf-level nutrient-use efficiency explain *Nothofagus* – dominance of some tropical rain forest in New Caledonia? *Plant Ecology*. 201: 51-66.
- Chuyong, G.B., Newbery, D.M. & Songwe, N.C. (2002) Litter breakdown and mineralization in a central African rain forest dominated by ectomycorrhizal trees. *Biogeochemistry* 61: 73-94.
- Cianciaruso, M.V., Pires, J.S.R., Delitti, W.B.C. & Silva, E.F.L.P. (2006) Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. *Acta Botânica Brasília* 20(1): 49-59.
- Cordell, S., Goldstein, G., Meinzer, F.C. & Vitousek, F.C. (2001) Regulation of leaf life-span and nutrient-use efficiency of *Metrosideros polymorpha* trees at two extremes of a long chronosequence in Hawaii. *Oecologia* (2001) 127:198–206.

- Costa, G.S., Gama-Rodrigues, A. C. & Cunha, G.M. (2005) decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamento de *Eucalyptus grandis* no Norte Fluminense. *Revista Árvore*. 29(4): 563-570
- Custódio Filho, A; Franco, G. A. D. C.; Poggiani, F.; Dias, A.C. (1998) Produção de serapilheira e o retorno de macronutrientes em floresta pluvial atlântica – Estação Biológica de Boracéia, São Paulo, BR. *Revista do Instituto Florestal, São Paulo*.8(1):1-16.
- Davies, R.G. (2002) Feeding group responses of a Neotropical termite assemblage to rain forest fragmentation. *Oecologia*. 133:233-242
- DeAngelis, D.L. (1992). Dynamics of nutrient cycling and food webs: population and community biology series 9. London. 270 p
- Drechsel, P. e Zech, W. (1991) Foliar nutrient levels of broadleaved tropical trees: a tabular review. *Plant and Soil*. 131: 29-46.
- Dias, A.T.C. (2008) O papel das espécies da restinga aberta arbustiva de *Clusia* no funcionamento do ecossistema. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Dias, A. T. C. & Scarano, F. R. (2007) *Clusia* as nurse plant. In: LÜTTGE, U. (Ed.). *Ecological Studies*, v. 194. Analyses and synthesis. *Clusia: a woody neotropical genus of remarkable plasticity and diversity*. Berlin: Springer-Verlag. p. 55-71.
- Didham, R.K., (1998) Altered leaf-litter decomposition rates in tropical forest fragments. *Oecologia*. 116:397-406.
- Didham, R.K. & Lawton, J.H. (1999). Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in Tropical Forest fragments. *Biotropica*. 31 (1): 17-30.
- Distel, R. A. Moretto, A. S. and Didoné, N. G. (2003) Nutrient resorption from senescing leaves in two *Stipa* species native to central Argentina. *Austral Ecology*. 28: 210–215.
- Drenovsky, R.E. e Richards, J.H. (2006) Low leaf N and P resorption contributes to nutrient limitation in two desert shrubs. *Plant Ecology*. 183:305 –314
- Dutta, R.K. & Agrawal, M. (2001) Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. *Pedobiologia*. 45: 298-312.
- Enoki, T., Kawaguchi, H. (1999) Nitrogen resorption from needles of *Pinus thunbergii* Parl. growing along a topographic gradient of soil nutrient availability. *Ecological Research*. 14: 1–8.

- Ewel, J. (1976). Litterfall and litter decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. *Journal of Ecology*. 64: 293-308.
- Ecosistemas (2001) Caatinga, Lojinha do wwf- webmaster@conservatio.org
- Feeley, K. J. (2004) The effects of forest fragmentation and increased edge exposure on leaf litter accumulation. *Journal of Tropical Ecology*. 20:709-712.
- Jennifer M. C.; Rita C.G.; Mesquita, G. B.W. (2007) Forest fragmentation differentially affects seed dispersal of large and small-seeded tropical trees. *Biological Conservation*. 137: 415-423
- Ferreira, L.C.D. (2008) Produção de Serapilheira em fragmentos de Mata Atlântica na Região de Imbaú, do Município de Silva Jardim, RJ. Monografia de Bacharelado. Campos dos Goytacazes-RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense.
- Fischer DG, Hart SC, Rehill BJ, Lindroth RL, Keim P, Whitham TG. (2006) Do high-tannin leaves require more roots? *Oecologia* 149 (4): 668-675
- Fonseca, G.A.B. (1985) The vanishing brasilian atlantic Forest. *Biological conservation*.34:17-334.
- Fraga, M.M. (2007) Regeneração natural de espécies arbóreas em fragmentos de Mata Atlântica na APA da bacia do rio São João, RJ. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, UENF, Campos dos Goytacazes – RJ. 93p.
- Froufe, L.C.M., (2005) Decomposição de plantios de eucalipto e pupunha e em um fragmento de Mata Atlântica no Norte Fluminense. Tese de Doutorado. Centro de Ciências e Tecnologia Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense, RJ.
- Gama, D.M. (2005) Efeitos de borda sobre o solo, camada de serapilheira e decomposição foliar em um fragmento de Mata Atlântica na Reserva Biológica União, RJ. Tese de Doutorado. Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, RJ.
- Gartner, T.B. & Cardon, Z.G. (2004) Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. *Oikos* 104:230-246.
- Golley, M.C., Richrdson, T.E & Clements, R.G. (1978) Elemental concentration in Tropical Forest and soil of Northwestern Colombia. *Biotropica*. 10 (2): 144-151.
- Grime, J.P. (1998) Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology*, 86. 902-910.

- Hamadi, Z., Steinberger, Y., Kutiel, P., Lavee, H. & Barnes, G. (2000) Decomposition of *Avena sterilis* litter under arid conditions. *Journal of Arid Environments* 46: 281-293.
- Harrington, R. A., Fownes, J. H. & Vitousek, P. M. (2001) Production and resource-use efficiencies in N- and P-limited tropical forests: a comparison of responses to long-term fertilization. *Ecosystems* 4:646–657.
- Hay, J.D & Lacerda, L.D. (1984) Ciclagem de Nutrientes no Ecosistema de Restinga. In: Lacerda, L.D., Araújo, D.S.D., Cerqueira, R & Turq, B.(orgs). Restingas:origem, estrutura, processos. CEUFF. Niterói. 459-473
- Heal, O.W.; Anderson, J.M. & Swift, M.J. (1997) Plant litter quality and decomposition: an historical review. In.: Cadisch, G. & Giller, K.E. (eds.) *Driven by Nature – Plant litter quality and decomposition*. P.: 3-30 CAB International.
- Herbon, J. L. & Congdon, R. A. (1993) Ecosystem dynamics of disturbed and undisturbed sites in North Queensland wet tropical Rain forest. II. Litterfall. *Journal of Tropical Ecology*. 9:365-380.
- Herrera, B. & Finegan, B. (1997) Substrate conditions, foliar nutrients and the distributions of two canopy tree species in a Costa Rican secondary rain forest. *Plant and Soil* 191: 259-267.
- Huang, J., Xihua, W. & Yan, E. (2007) Leaf nutrient concentration, nutrient resorption and litter decomposition in an evergreen broad-leaved forest in eastern China. *Forest Ecology and Management* .39:150–158
- Huber, E., Wanek, W., Gottfried, M., Pauli, H., Schweiger, P., Arndt, S.K, Reiter, K. & Richter, A. (2007) Shift in soil–plant nitrogen dynamics of an alpine–nival ecotone *Plant Soil* 301:65–76.
- Hobbie, S. E. (1992) Effects of plant species on nutrient cycling. *Trends in Ecology and Evolution* 7:336–339.
- Hooper, D.U. & Vitousek, P.M. (1998) The effects of plant composition and diversity on ecosystem process. *Science*. 277:1302-1305.
- Jenny, H.; Gessel, S. P.; Bingham, F. T. (1949) Comparative study of decomposition rates of organics matter in temperate and tropical regions. *Soil Science*. 68: 419 –32.
- Jordan, C.F. (1985) *Nutrient Cycling in tropical forest ecosystems: Principles and their application in management and conservation*. Institute of ecology, University of Georgia, Athens, Georgia 30602, USA. 190 P.
- Kalbitz, K.; Kaiser, K.; Bargholz, K. & Dardenne, P. (2006) Lignin degradation controls the production of dissolved organicmatter in decomposing foliar litter *European Journal of Soil Science*. 57:504–516

- Kazakou, E., Vile, D., Shipley, B., Gallet, C., & Garnier, E. (2006) Co-variations in litter decomposition, leaf traits and plant growth in species from a Mediterranean old-field succession. *Functional Ecology*. 20: 21-30.
- Kellman, M.C. (1969) Some environmental components of shifting cultivation in upland Mindanao. *Journal of Tropical Geography* 28: 40-56.
- Kozovits, A. R.; Bustamante, M. M. C.; Garofalo, C. R.; Bucci, S.; Franco, A. C.; Goldstein, G. & Meinzer, F. C. (2007) Nutrient resorption and patterns of litter production and decomposition in a Neotropical Savanna. *Functional Ecology* 21: 1034–1043.
- Kapos, V., (1989) Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5, 173 -185.
- Kapos, V.; Wandelli, E.; Camargo, J. L. & Ganade, G. (1997) Edge-related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in central Amazonia. In: Laurance, W. F. & Bierregaard-Jr, R. O. (eds.). *Tropical Forest Remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago University Press. Chicago, p. 33-44.
- Kayser, M. & Isselstein, J. (2005) Potassium cycling and losses in grassland systems: a review. Blackwell Publishing Ltd. *Grass and Forage Science*, 60, 213–224.
- Kobe, R. K., Lepczyk, C. A. e Iyer, M. (2005) Resorption efficiency decreases with increasing green leaf nutrients in a global data set. *Ecology* 86:2780–2792.
- Killingbeck, K.T. (1996) Nutrients in senesced leaves: keys to the search for potential resorption and resorption proficiency. *Ecology*, 77, 1716–1727.
- Knops, J.M.H Koenig, W.D., Nash III, T.H. (1997) On the relationship between nutrient use efficiency and fertility in forest ecosystems. *Oecologia*, 110: 550-556.
- Lambers H, Chapin III F S and Pons T L (1998) Mineral nutrition. In *Plant Physiological Ecology*. Eds. H Lambers, F S Chapin III and T L Pons. Springer Verlag, New York. p 239–298.
- Larcher, W. (2000) *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, Rima. 531 p
- Laurance, W.F. (1990) Comparative aspects of five arboreal marsupial to tropical forest fragmentation. *J.Mamm.* 71: 641-653.
- Laurance, W.F. (1991) Edge effects in Tropical Forest Fragments: Application of a model for the design of nature reserves. *Biological Conservation* 57:205-219

- Laurance, W.F. Laurence, S.G., Ferreira, L.V.; Merona, J.M.R.; Gascon, C. & Lovejoy, T.E. (1997) Biomass collapse in Amazonian forest fragments. *Science*, 278: 1117-1118.
- Laurance, W. F. & Bierregaard, R. O. (1997) *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago: University of Chicago Press, 916p.
- Laurance, W.F., Ferreira, L.V. Rankin-de-Merona, J.M. Laurance, S.G., (1998) Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology*. 2032-2040.
- Laurance, W.F., Williamson, G.B., Delamonica, P., Oliveira, A., Gascon, C., Lovejoy, T.E., Pohl, L., (2002) Effects of a severe drought on Amazonian forest fragments and edges. *Journal of Tropical Ecology* 17:771-785.
- Laurance, G; Andrade, A; Ribeiro, J. E.L.S.; Giraldo, J.P.; Lovejoy, T.E., Condit, R., Chave, J., Harms, E.K and D'Angelo, S. (2006) Rapid decay of tree-community composition in Amazonian forest fragments. *PNAS*. (103)50: 19010-19014.
- Laurance, S.G. W.; Laurance, W.; Nascimento, H. E. M.; Andrade, A.F.P.M.; Rebello, E. R. G. & Condit, R. (2009). Long-term variation in Amazon forest dynamics. *Journal of Vegetation Science* 20: 323–333, 2009
- Leitão-Filho, H. F.; Pagano, S. N.; Cesar, O.; Timoni, J. L.; Rueda, J. J. (1983) *Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão*. São Paulo: Editora da UNESP.
- Lião, J.H., Wang, H.H., Tsai, C.C. & Hseu, Z.Y. (2006). Litter production, decomposition and nutrient return of uplifted coral reef tropical forest. *Forest Ecology and Management*. 235:174–185.
- Lima, J.A.S., Villela, D.M., Perez, D.V., Filho, B.C e Nascimento, M.T. (2006). Avaliação da biomassa radicular fina em fragmentos florestais da Planície costeira fluminense. 57^o Congresso Nacional de Botânica.
- Limpens, J e Berendse, F. (2003). How litter quality affects mass loss and N loss from decomposing Sphagnum. *Oikos* 103: 537–547, 2003
- Lodhiyal, N.e Lodhiyal, L.S. (2003) Aspects of nutrient cycling and nutrient use pattern of Bhabar Shisham forest in central Himalaya, Índia. *Forest Ecology and Management*. 176: 237-252.
- Loranger, G., Ponge, J.E., Imbert, D. and Lavelle, P. (2002) Leaf decomposition in two semi-evergreen tropical forests: Influence of litter quality. *Biol.Fertil.Soils* 35:247-252
- Luizão, F. J. & Schubart, H. O. R. (1987) Litter production and decomposition in a Terra-Firme forest of Central Amazonia. *Experientia*, 43:259-265.

- Luizão, F. J. (1989). Litter production and mineral elements input to the forest floor in a Central Amazonian forest. *Geojournal*, 19:407-417.
- Luizão, F.J. (1998) Variações sazonais das atividades biológicas que controlam a decomposição da liteira na floresta da Amazônia central. *História Natural e Conservação da Biota Amazônica*. p 01-06.
- Martins, S.V. & Rodrigues, R.R. (1999) Produção de serrapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, 22 (3): 405-412.
- Martinelli, L. A.; & Almeida, S.; Brown, I. F.; Moreira, M. Z.; Victoria, R. L.; Filoso, S.; Ferreira, C. A. C.; Thomas, W. W. (2000) Variation in Nutrient distribution and Potential Nutrient Losses by Selective Logging in a Humid Tropical Forest of Rondônia, Brazil. *Biotropica* 32(4a): 597-613.
- Mazurec, A.P. (1998) Produção de serrapilheira e decomposição da serrapilheira em Mata Atlântica de Encosta em duas altitudes, na Serra do Imbé, Norte Fluminense, RJ. Tese de Mestrado. UENF
- Medina, E.; Cuevas, E. (1989) Patterns of nutrient accumulation and release in Amazonian forests of the upper Rio Negro basin. *Mineral Nutrients in Tropical Forest and Savana Ecosystems*. Proctor, J. (Ed.) Blackwell Scientific Publication, Oxford. 217-241.
- Mesquita, R.C.G., Delamônica, P & Laurance, W.F. (1999) Efect of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian forest fragments. *Biological Conservation*. 91:129-134.
- Moraes, R.M. e Domingos, M. (1997) Elementos minerais em folhas de espécies arbóreas de Mata Atlântica e Mata de Restinga, na Ilha do Cardoso, SP. *Revista Brasileira de Botânica*. 20(2):133-138.
- Moraes, R.M., Delitti, W.B.C & Vuono, Y.S. (1999) Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forest. *Revista Brasileira de Botânica*. São Paula. 22(1): 9-16
- Morellato, P. L. C. (1992) Nutrient cycling in two south-east Brazilian forest. I. Litterfall and litter standing crop. *Journal of Tropical Ecology* 8: 205-215.
- Morellato, P. L. C. & Haddad, C. F. B. (2000) Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*. 32(4): 786-792.
- Moreto, A.S. & Distel, R.A. (2003) Decomposition of and nutrients dynamics in leaf litter and roots of *Poa ligularis* and *Stipa gynerioides*. *Journal of Arid Enviroments*. 55: 503-514.
- Murcia, C. (1995) Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Tree*. 10: 58-62.

- Myers, R. J. K.; Palm, C. A.; Cuevas, E.; Guanatilleke, I. U. N.; Brossard, M. (1994) The synchronisation of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Eds.). *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*, TSBF. John Wiley and Sons. 81-116,
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B., Kent, J., (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403:853-858
- Nascimento, M.T. (2003) Estrutura da vegetação em habitats fragmentados. III Simpósio sobre Micos-Leões. Teresópolis, RJ.
- Nascimento, H.E.M., Andrade, A. C.S., Camargo, J.L.C., Laurance, W.F., Laurance, S.G., & Ribeiro, J.E.L. (2005). Effects of the Surrounding Matrix on Tree Recruitment in Amazonian Forest Fragments *Conservation Biology*. 20(3):853–860.
- Nascimento, A. C. P. (2005) Produção e aporte de nutrientes da serrapilheira produzida em um fragmento de Mata Atlântica da Reserva Biológica União, RJ. Dissertação de Mestrado (Biociências e Biotecnologia). UENF, Campos dos Goytacazes, RJ.
- Nascimento, M.T. & HAY, J.D. Variação intraespecífica dos nutrientes em folhas de *Mitreodorea pubescens* (Rutaceae) em dois tipos de mata do Distrito Federal. (1990) *Acta botânica brasílica*.4(2):145-152.
- Nardoto, G.B., Bustamante, M.M.C., Pinto, A. S. e Klink, C.A. (2006) Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. *Journal of Tropical Ecology* . 22:191–201.
- Nessa, J.H. & Morin, D.F. (2008) Forest edges and landscape history shape interactions between plants, seed-dispersing ants and seed predators. *Biological Conservation* 141: 838-847.
- Oliveira, R. R. & Lacerda, L. D. (1993) Produção e composição química da serrapilheira na Floresta da Tijuca (RJ). *Revista Brasileira de Botânica* 16(1): 93-99.
- Olde Venterink, H., M. J. Wassen, J. D. M. Belgers, and J. T. A. Verhoeven. (2001b) Control of environmental variables on species density in fens and meadows; importance of direct effects and effects through community biomass. *Journal of Ecology* .89:1033–1040.
- Oliveira-Filho, A. T.; Mello, J. M.; Scolforo, J. R. (1997) Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five year period (1987-1992). *Plant Ecology*, Oxford. 131:45-66.

- Ozono, T & Takeda, H. (2004) Accumulation and release of nitrogen and phosphorus in relation to lignin decomposition in leaf litter of 14 tree species. *Ecological Research*. 19: 593–602.
- Olson, J.S (1963) Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, vol. 4, nº 2.
- Pagano, S.N. (1989). Nutrientes minerais no folheto produzido em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 49, p.641-647, 1989.
- Palm, C.A., Gachengo, C.N., Delve R.J., Cadisch, G.; Killer, K.E. (2001) Organic Inputs for Soil Fertility Management in Tropical Agro ecosystems: Application of um Organic Resource Database, *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 83:27-42.
- Pensa, M., Sellin, A., (2003) Soil type affects nitrogen conservation in foliage of small *Pinus sylvestris* L.trees. *Plant and Soil* 253: 321–329.
- Portela, R. de C.Q. & Santos, F.A.M. (2007) Produção e espessura da serapilheira na borda e interior de fragmentos florestais de mata atlântica de diferentes tamanhos. *Revista Brasileira de Botânica* 30(2): 271-280.
- Pires, L. A. Aspectos da ciclagem de nutrientes em uma formação de restinga na Ilha do Mel. Rio Claro. (2001) Dissertação (mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho. 187p.
- Polyakova, O. & Billor, N. (2007) Impact of deciduous tree species on litterfall quality, decomposition rates and nutrient circulation in pine stands. *Forest Ecology and Management*. 253:11–18.
- Procópio-de-Oliveira, P; Nascimento, M.T; Carvalho, F.A; Villela, D.M; Kierulff, M.C; Veruli, V.P; Lapenta, M.J; Silva, A.P. Qualidade do habitat na área de ocorrência do mico-leão-dourado. In: Procópio-de-Oliveira, P; Grativol, A D. & Miranda, C.R. (Ed). *Conservação do mico-leão-dourado*, 2008.p.14-39.
- Proctor J. (1984) Tropical forest litterfall II: the data set. In: Sutton SL, Whitmore TC, Chadwick AC, Eds. *Tropical rain forest: ecology and management*. Oxford: Blackwell. p 267–73
- Proctor, J. (1983) Tropical Forest litterfall. I. Problems of data comparison. In: Sutton, S. L.; Whitmore, T. C.; Chadwick, A. C. *Tropical rain forest and management*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 267-273 p.
- Proctor, J. (1989) *Mineral nutrients in tropical forest and savana ecosystems*. Blackwell Scientific Publications. Oxford London Edinburgh. 473 pg.

- Prescott, C. (2005) Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? *Forest Ecology and Management*, Amsterdam. 220: 66-74, 2005.
- Delitti, W.B.C. Estudo de Ciclagem de Nutrientes: Instrumentos para análise funcional de ecossistemas terrestres. *Oecologia Brasiliensis*, 1:469-486. 1995
- Poggiani, F. (1979) Deposição mensal de acículas e nutrientes em plantações homogêneas de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Boletim Informatvo PPT*. 7:12-19.
- Poggiani, F. (1984) Ciclagem e exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos. *Série Técnica IPEF*. 27:17-30.
- Raich, J.W., Russell, A.E., Arrieta, R.B. (2007) Lignin and enhanced litter turnover in tree plantations of lowland Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 239: 128-135.
- Read, L. & Lawrence, D. (2003) Litter nutrient dynamics during succession in dry tropical forests of the Yucatan: regional and seasonal effects. *Ecosystems* 6:747–761.
- Renteria, L.Y., Jaramillo, V. J., Martínez-Yrizar, A. & Jiménez, A. P. (2005) Nitrogen and phosphorus resorption in trees of a Mexican tropical dry forest. *Trees*. 19: 431–44.
- Rodrigues, P. J. F. P. (2004) A Vegetação na Reserva Biológica União e os Efeitos de Borda na Mata Atlântica Fragmentada. Tese (Doutorado em Biociências e Biotecnologia)-Campos dos Goytacazes- RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense, 153 pp.
- Rodrigues, P.J.F.P. e Nascimento, M.T. (2006) Fragmentação florestal: Breves Considerações teóricas sobre efeito de borda. *Rodriguésia* 57 (1): 63-74.
- Rogers, H.M. (2002) Litterfall, decomposition and nutrient release in a lowland tropical rain forest, Morobe Province, Papua New Guinea. *Journal of Tropical Ecology*. 18:449-456.
- Rubinstein, A. (2001) Efeito da fragmentação florestal sobre a decomposição da liteira na Amazônia Central, Manaus, AM. Tese (mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Universidade do Amazonas –INPA/UA, 48pp.
- Rubinstein, A. e Vasconcelos, H.L. (2005) Leaf-litter decomposition in Amazonian forest fragments. *Journal of Tropical Ecology*. 21:699-702.

- Russel, A.E. (2002) Relationships between crop-species diversity and soil characteristics in southwest India agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 92:235-249.
- Satti P, Mazzarino MJ, Gobbi M, Funes F, Roselli L, Fernandez H (2003) Soil N dynamics in relation to leaf litter quality and soil fertility in north-western Patagonian forests. *Journal Ecology* 91:173–18.
- Saunders, D.A., Hobbs, R.J. & Margules, C.R. (1991) Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*. 5: 18-32.
- Santiago, L. S. & Wright, S. J. (2007) Leaf functional traits of tropical forest plants in relation to growth form. *Functional Ecology*. 21:19–27.
- Salamanca, E.F., Kaneco, N. and Katagiri, S. (1998) Effects of leaf litter mixtures on the decomposition of *Quercus serrata* and *Pinus densiflora* using field and laboratory microcosm methods. *Ecol. Engineering* 10: 53-73.
- Schadler, M., Jung, G., Auge, H., & Brandl, R. (2003) Palatability, decomposition and insect herbivory: patterns in a successional old-field plant community. *Oikos* 103: 121–132.
- Scheer, M.B. (2006) Ciclagem de nutrientes em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba, PR. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
- Shiels, A.B. (2006) Leaf Litter Decomposition and Substrate Chemistry of Early Successional Species on Landslides in Puerto Rico. *Biotropica*. 38(3):348-353.
- Swift, M.J. e Heal, O.W. e Anderson, J.M. (1979) *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1979. 372 p
- Swift, M.J. & Anderson, J.M. (1989) Decomposition. In: Lieth, H. and Weger, M. J. A. *Ecosystems of the world 14B. Tropical Rainforest Ecosystems*. Elsevier
- Szumigalski, A. R. & Bayley, S. E. (1996) Decomposition along a bog to rich fen gradient in central Alberta, Canada. – *Can. J. Bot.* 74: 573–581.
- Sizer, N. G.; Tanner, E. V. J.; Ferraz, I. D. K. (2000) Edge effects on litterfall mass and nutrient concentrations in forest fragments in central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, 16:853-863.
- Silva, H. C. H., Lins-e-Silva, A. C.B., Gomes, J.S. e Rodal, M.J.N. (2008) The effect of internal and external edges on vegetation physiognomy and structure in a remnant of Atlantic lowland rainforest in Brazil. *Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability*. 2(1):47-55.

- Scarano, F. R.; Cirne, P.; Nascimento, M. T.; Sampaio, M. C.; Villela, D. M.; Wendt, T.; Zaluar, H. L. T. (2004) Ecologia Vegetal: integrando ecossistema, comunidades, populações e organismos. In: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A.; Scarano, F. R. (Eds.). Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação. São Carlos: Editora Rima, p. 77-97.
- Silva, A. P. (2003) Solos e produção de serrapilheira em moitas no Parque Nacional de Jurubatiba, RJ. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.
- Silva, A. S. (2006) Variação anual da produção de serrapilheira em moitas de *Clusia* no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. Monografia. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.
- Souza, R. P. (2008) Decomposição foliar em moitas de *Clusia hilariana* Schltall (Clusiaceae) no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. Monografia. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.
- Souza, J. A. e David, A. C. (2001) Deposição de serrapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scrabella*) eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. *Cerne*, Lavras. 7(1): 101-113.
- Teixeira, L. B.; Serrão, E. A. S.; Teixeira Neto, J. F. (1996) Pastagens cultivadas na Amazônia: sustentabilidade e sua relação com a fertilidade do solo. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 22.1996, Manaus. Anais.Manaus: UA. 259 p.
- Tripler, C.E., Kaushal, S.S., Likens, G.E. and Walter, M.T. (2006) Patterns in potassium dynamics in forest ecosystems. *Ecology Letters*, 9:451-466.
- Tilman, D., (1988) Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- Toledo, L.; Pereira, M.G.; Menezes, C. E. G. (2002) Produção de serrapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. *Ciência Florestal*, 12(2): 9-12.
- Thompson, J.; Proctor, J.; Viana, V.; Milliken, W.; Ratter, J.A. & Scott, D.A. (1992) Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. I. Physical environment, forest structure and leaf chemistry. *Journal of Ecology* 80: 689-703.
- Van Heerwaarden, L. M. Toet, S. e Aerts, R. (2003a) Nitrogen and phosphorus resorption efficiency and proficiency in six sub-arctic bog species after 4 years of nitrogen fertilization. *Journal of Ecology*. 91: 1060–1070.

- Van Heerwaarden, L. M. Toet, S. e Aerts, R. (2003b) Current measures of nutrient resorption efficiency lead to a substantial underestimation of real resorption efficiency: facts and solutions. *Oikos* 101:(3).664-669.
- Van Breemen, N. (1995) Nutrient cycling strategies. *Plant Soil* 168: 321 –326.
- Vasconcelos, H.L. e Luizão, F.J. (2004) Litter production and litter-nutrient concentrations in fragmented Amazonian Landscape: Edge and soil effects. *Ecological Applications* 14(3): 884-892
- Vidal, M.M.; Pivello, V.R.; Meirelles, S.T. E Metzger, J.P. (2007) Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 30 (3): 521-532.
- Villela, D. M.; Aragão, L. E. O C.; Gama, D. M.; Nascimento, M. T. & Rezende, C. E. (1998) Effect of selective logging on litter production and decomposition in an Atlantic forest, RJ, Brazil. *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, ACIESP*, 253-261.
- Villela, D.M. & Proctor, J. (1999) Litterfall mass and chemistry, and nutrient retranslocation in a monodominant forest on Maracá island, Roraima, Brazil. *Biotropica*. 31(2): 198-211
- Villela, D.M.; & Procto, J. (2002) Leaf decomposition and monodominant in the Peltogyne Forest of Maracá Island, Brazil. *Biotropica*. 34 (3): 334-347
- Villela, D. M.; Nascimento, M. T.;Aragão, L. E.do O.C. de & Gama, D. M. (2006) Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography* 33: 506-616.
- Villela, D. M.; Nascimento, M. T. & Silva, A. P. (2004) Effects of fragmentation on soils nutrients and litter layer mass in a Atlantic forest, Rio de Janeiro State, Brazil. In: *Anais de trabalhos completos, 4th International Symposium of Environmental Geochemistry in tropical Countries*. p. 205-208. Búzios, RJ.
- Vitousek P. (1982) Nutrient cycling and nutrient use efficiency. *Am Nat* 119(4):553–72.
- Vitousek, P. M. (1984) Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forest. *Ecology* 65(1): 285-298.
- Vitousek, P. M. & Sanford Jr., R. L. (1986) Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review Systems* 17: 137-167.
- Vitousek, P.M. (2004) *Nutrient Cycling and Limitation: Hawai'i as a Model System*. Princeton University Press: Oxford and Princeton. 223p

- Wardle, D.A. Bonner, K.I. & Nicholson, K.S. (1997) Biodiversity and plant litter: Experimental evidence which does not support the view that enhanced species richness improves ecosystem function. *Oikos*, 79: 247-258.
- Wedin, D.A. e Tilman, D. (1990) Species effects on nitrogen cycling – a test with perennial grasses. *Oecologia*. 84:433-441.
- Wieder, R.K. & Lang, G.E. (1982). A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology*. 63(6): 1636-1642.
- Yuan, Z., Li, L., Han, X., Huang, J., Jiang, G., & Wan, S. (2005) Soil characteristics and nitrogen resorption in *Stipa krylovii* native to northern China *Plant and Soil* 273: 257–268
- Xu, X., Hirata, X.X. e Shibata, H.E. (2004) Effect of typhoon disturbance on fine litterfall and related nutrient input in a subtropical forest on Okinawa Island, Japan. *Basic Appl. Ecol.* 5, 271–282.
- Xuluc-Talosa, F. J.; Vester, H. F. M.; Ramírez-Marcial, N.; Castellanos-Albores, J.; Lawrence, D. (2003) Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam. 174: 401-412, 2003.
- Zheng, Z.; Shanmughavel, P. (2006) Litter decomposition and nutrient release in a Tropical Seasonal Rain Forest of Xishuangbanna, Southwest China. *Biotropica*. 38(3): 342-347.
- Zar, J.H. (1984) *Biostatistical analyses*. Second edition. Prentice Hall International, New Jersey, USA. 718 pp

ANEXOS

Anexo.2.1: Comparações das médias de variáveis dos solos entre tamanhos de fragmento. Fonte: Embrapa solos.

Tamanho	AREIA			SILTE			ARGILA			ARG_H2O			PH ₂ O		Ca ⁺² + Mg ⁺²			
	g.kg-1												cmolc.kg-1					
GRANDE	532	(113)	A	129	(41)	B	340	(106)	A	114	(89)	A	3,83	(0,21)	B	0,67	(0,23)	B
PEQUENO	396	(86)	B	214	(25)	A	390	(99)	A	172	(115)	A	4,21	(0,27)	A	1,41	(1,61)	A

	K ⁺			Na ⁺			P			C			N		C:N			
	cmolc.kg-1						mg.kg-1						g.kg-1					
GRANDE	0,10	(0,04)	A	0,03	(0,03)	A	1,35	(0,75)	B	19,8	(5,8)	A	1,94	(0,41)	B	10,1	(1,3)	A
PEQUENO	0,16	(0,07)	A	0,05	(0,03)	A	2,08	(1,92)	A	19,5	(4,2)	A	2,15	(0,50)	A	9,1	(1,0)	A

	Al ⁺³			CTC			Sat. Bases			Sat. Al ⁺³		
	cmolc.kg-1						%					
GRANDE	2,19	(0,70)	A	11,9	(8,9)	A	7,9	(3,7)	B	72,2	(10,6)	A
PEQUENO	1,56	(0,61)	B	10,3	(2,3)	A	14,8	(10,9)	A	54,8	(21,1)	B

Obs: Areia (2 - 0,05 mm), Silte (0,05 – 0,002 mm) e Argila (< 0,02 mm). Letras diferentes indicam diferença significativa (Teste T no sentido da coluna $\alpha = 0,05$).

4.1. Anexo 4.1: Eficiência de retranslocação de N (ERN), P (ERP) e K (ERK) dos fragmentos florestais estudados da região da bacia do rio São João, RJ. Os valores representam médias de 5 folhas de *Guarea* por árvore (n=4 por fragmento) em cada um dos 6 fragmentos. Letras diferentes entre colunas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fragmentos.

Classe de Fragmento	ERN	ERP	ERK
Fragmentos Pequenos			
Afetiva	39,7±11,2	56,6±14,2	54,9±15,8
Estreito	36,4±7,6	54,8±11,9	43,8±14,3
Vendaval	46,9±10,0	45,3±9,2	44,5±11,2
Média	41,0±9,9a	52,2±12,00a	48,0 ±13,6a
Fragmentos Grandes			
Rio Vermelho	45,9±5,4	58,2±11,5	54,9±14,6
Rebio 500	46,4±11,6	46,2±12,3	61,40±6,9
Rebio 2300	45,4±11,3	46,9±13,0	53,3±14,2
Média	46,0±7,8a	50,5±12,5a	57,0±11,8a

Anexo. 5.1. Concentração de nutrientes (mg/g) nas frações folhas de *Guarea* e *Cupania* e total de folhas da serapilheira produzida. Os valores indicam a média de uma amostra composta de 5 sub-amostras por parcela em cada fragmento. As letras diferentes entre linhas da mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fragmentos.

Frações	Fragmentos	Ca	Mg	K	Na	P	C	N
Folhas de Guarea	Afetiva	7,5±0,5 B	3,7±0,5 AB	10,4±2,3 A	1,1±0,6 A	0,8±0,00 B	45,71±0,70 A	2,25±0,09 A
	Estreito	8,9±0,9 A	3,3±0,2 B	9,9±1,8 A	0,8±0,1 A	0,9±0,00 A	45,63±0,84 A	2,17±0,07 A
	Vendaval	6,1±0,3 C	4,0±0,3 A	5,3±1,8 B	1,6±1,2 A	0,6±0,10 C	46,27±0,19 A	2,19±0,07 A
MÉDIA		7,5±1,4	3,7±0,4 AB	8,6±2,8	1,1±0,4 B	0,8±0,2	45,9±0,3	2,2±0,0 A
Folhas de Cupania	Afetiva	6,1±2,1 B	4,8±0,5 A	10,8±7,2A	2,9±1,5 A	0,7±0,1 B	***	***
	Estreito	9,3±1,1 A	3,8±1,0 A	9,7±4,1 A	2,4±1,9 A	0,8±0,1 A	***	***
	Vendaval	4,8±0,4 C	4,7±0,5 A	5,2±2,9 A	3,9±2,7 A	0,5±0,1 B	***	***
MÉDIA		6,7±2,3	4,4±0,6 A	8,6±3,0	3,0±0,8 A	0,7±0,1		
Outras Folhas	Afetiva	4,9±0,7B	3,6±0,1 B	7,3±2,2 A	1,5±0,9 A	0,6±0,1 A	45,94±0,50 B	1,97±0,03 A
	Estreito	8,5±1,4A	3,4±0,5 B	8,6±0,5 A	0,9±0,2 A	0,7±0,1 A	45,90±0,27 B	1,95±0,07 A
	Vendaval	4,2±0,5B	3,1±0,05 B	5,3±0,6 B	1,6±0,1 A	0,4±0,1 B	46,15±0,25 B	1,87±0,04 A
MÉDIA		5,9±2,3	3,4±0,2 B	7,1±1,7	1,3±0,4 B	0,6±0,2	46,0±0,1	1,9±0,1 B

Anexo 5.2. Aporte de nutrientes através das folhas de *Guarea* e *Cupania* e folhas de outras espécies (outras folhas) da serapilheira total produzida. Os valores indicam a média de uma amostra composta de 5 sub-amostras por parcela em cada fragmento.

Frações	Fragmentos	Ca	Mg	K	Na	P	C	N
Folhas de Guarea	Afetiva	3,0±2,3 B	1,3±1,1 C	3,3±2,6 A	0,9±1,4 A	0,3±0,2 A	211,80±207,00 B	10,05±10,00 B
	Estreito	7,4±5,3 A	2,3±1,6 B	6,4±4,1 B	0,5±0,4 A	0,7±0,5 B	467,36±360,83 A	21,81±16,44 A
	Vendaval	0,7±0,3 C	4,0±2,8 A	8,7±6,5 B	0,6±0,2 A	0,7±0,4 B	76,05±101,56 C	3,65±4,96 C
MÉDIA		3,7±3,4 B	2,6±1,4 B	6,1±2,7 AB	0,7±0,2	0,5±0,2 B	251,6±198,5 B	11,8±9,2 B
Folhas de Cupania	Afetiva	0,7±0,3 A	0,5±0,2 A	1,1±0,3 A	0,3±0,2 B	0,1±0,0 A	***	***
	Estreito	0,8±0,5 A	0,3±0,2 A	0,8±0,5 A	0,4±0,7 B	0,1±0,1 A	***	***
	Vendaval	1,0±1,2 A	0,8±0,7 A	1,4±2,0 A	1,4±2,3 A	0,1±0,1 A	***	***
MÉDIA		0,8±0,2 B	0,5±0,3 B	1,1±0,3 B	0,7±0,6	0,1±0,00 C		
Outras Folhas	Afetiva	17,1±0,7 A	12,2±6,1 B	25,2±18,1 A	4,4±1,9 B	2,3±1,5 A	1929,98±537,24 B	81,36±21,5 B
	Estreito	24,1±7,0 A	10,3±3,7 B	4,20±1,2 B	2,7±0,9 B	2,2±0,6 A	1758,38±355,41 B	75,04±14,7 B
	Vendaval	20,3±3,7 A	15,7±2,0 B	28,7±5,8 A	8,1±0,7 A	2,0±0,4 A	2361,03±345,18 A	96,77±11,6 B
MÉDIA		20,5±3,5 A	12,8±2,A	19,3±13,3 A	5,1±2,8	2,1±0,1 A	2016,5±310,5 A	84,4±11,2A