

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**Monitoramento de Uma Encosta Reflorestada Com  
Leguminosas Arbóreas na Mata Atlântica  
Após 17 Anos do Plantio**

**Keila Caroline Dalle Laste**

**2011**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**MONITORAMENTO DE UMA ENCOSTA REFLORESTADA COM  
LEGUMINOSAS ARBÓREAS NA MATA ATLÂNTICA APÓS 17 ANOS  
DO PLANTIO**

**KEILA CAROLINE DALLE LASTE**

*Sob a Orientação do Pesquisador*  
**Sergio Miana de Faria**

*e Co-orientação da Pesquisadora*  
**Maria Elizabeth Fernandes Correia**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Conservação da Natureza

Seropédica, RJ  
Março de 2011

634.95608153

L349m

T

Laste, Keila Caroline Dalle, 1984-

Monitoramento de uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas na mata atlântica após 17 anos do plantio / Keila Caroline Dalle Laste – 2011.

107 f. : il.

Orientador: Sergio Miana de Faria.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Bibliografia: f. 79-87.

1. Reflorestamento – Rio de Janeiro (Estado) – Teses. 2. Florestas – Reprodução – Teses. 3. Mata Atlântica - Teses. 4. Fauna do solo – Rio de Janeiro (Estado) – Teses. I. Faria, Sergio Miana, 1958-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

KEILA CAROLINE DALLE LASTE

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 17/03/2011

---

Sergio Miana de Faria. PhD. Embrapa-Agrobiologia  
(Orientador)

---

Rogério Ribeiro de Oliveira. Professor Dr. PUC-Rio

---

Fabiano de Carvalho Balieiro. Dr. Embrapa-Solos

## DEDICATÓRIA

*“...Fosse eu Rei do mundo  
baixava uma lei:  
mãe não morre nunca,  
mãe ficará sempre junto de seu filho  
e ele, velho embora,  
será pequenino,  
feito grão de milho.”*  
*Carlos Drummond de Andrade*

*Para minha mãe Anadir,  
com amor e saudade,  
dedico.*

## AGRADECIMENTOS

A minha querida Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais pela oportunidade de realização do curso.

Aos professores e ao coordenador do curso, o professor Roberto Carlos Costa Lelis, pelos valiosos ensinamentos.

A Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de estudos concedida.

A Embrapa Agrobiologia pela infra-estrutura e suporte para a realização deste estudo.

Ao meu orientador, o pesquisador Sergio Miana de Faria, pela oportunidade de pesquisa desde a Iniciação Científica, pela confiança ao longo destes anos e pelo projeto que me proporcionou grande aprendizado.

A minha co-orientadora, a pesquisadora Maria Elizabeth Fernandes Correia, por toda atenção, pelas palavras de segurança e pela identificação da fauna do solo quando isso não me foi possível.

A pesquisadora Janaina Ribeiro Costa Rouws pelo auxílio na estatística com os dados de fauna do solo.

Aos funcionários e alunos dos laboratórios de Leguminosas Florestais, de Solos, de Fauna do Solo e aos funcionários da casa de vegetação da Embrapa Agrobiologia, em especial aos técnicos do laboratório de Leguminosas Florestais Adriana Santos do Nascimento, Carlos Fernando da Cunha e Telmo Félix da Silva, pela disponibilidade dos materiais, pela ajuda nas coletas de campo e pelo bom humor de sempre.

Ao condomínio Portogalo por toda a infra-estrutura cedida.

Ao diretor do condomínio Portogalo, Roberto Bomfim, pelo apoio durante toda a realização deste trabalho.

As funcionárias do condomínio Portogalo, pela receptividade.

A Sylvia Chada, pela boa vontade em ajudar, esclarecer metodologias e pelos dados utilizados nesta dissertação.

Ao Alexandre Christo, pela ajuda com o programa Fitopac.

Ao técnico do Herbário do departamento de Botânica da UFRRJ, Thiago Amorim e ao estudante de mestrado, Daniel Costa de Carvalho pela identificação do material botânico.

Aos membros da banca examinadora, o professor Rogério Ribeiro de Oliveira e o pesquisador Fabiano de Carvalho Balieiro pelo tempo disponibilizado e pelas valiosas sugestões.

Aos meus pais Eugênio e Anadir (*in memoriam*) pela vida.

A Deus agradeço por tudo, mas em especial por ter me presenteado com os meus pais.

As minhas irmãs Cátia e Cassiele, e não menos irmã Luciane, pelos bons momentos vividos.

A minha família, pelo incentivo.

A Wardsson Lustrino Borges, pelo companheirismo, apoio e pelas valiosas dicas.

Aos meus amigos, em especial a Deivid Lopes Machado e Anderson Ribeiro Diniz, pela amizade e troca de materiais ao longo dos sete anos de convivência na UFRRJ.

Muito obrigada.

## **BIOGRAFIA**

Keila Caroline Dalle Laste, filha de Eugênio Dalle Laste e Anadir Dalle Laste, nasceu aos quatro dias do mês de dezembro de 1984, no município de Concórdia, SC. Coursou o ensino fundamental na escola básica municipal Anna Zamarchi Coldebella, concluindo em 1999. Em 2000, ingressou no curso Técnico em Alimentos na Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, atualmente Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense-Campus Concórdia. Em 2004, iniciou o curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, concluindo em 2008. Foi bolsista no laboratório de Leguminosas Florestais da Embrapa Agrobiologia nos anos de 2007 e 2008. Em março de 2009, ingressou no programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, onde foi bolsista da CAPES, desenvolvendo as atividades da dissertação junto a Embrapa Agrobiologia.

## RESUMO

LASTE, Keila Caroline. Dalle **Monitoramento de uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas na Mata Atlântica após 17 anos do plantio**. 2011. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

Com a finalidade de mitigar os processos erosivos, restabelecer a beleza cênica e com isso agregar valor ao conjunto paisagístico, a direção do condomínio Portogalo juntamente com pesquisadores da Embrapa Agrobiologia iniciaram em 1992, um programa de reflorestamento das encostas desmatadas. Foram utilizadas 10 espécies de leguminosas florestais inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares. No ano de 2000 foi realizado um primeiro estudo, onde parâmetros biométricos das espécies plantadas, parâmetros químicos do solo e da serrapilheira depositada, bem como, indicadores biológicos de qualidade foram avaliados. Este segundo estudo teve como objetivo reavaliar o reflorestamento após 17 anos com base na sucessão vegetal, no banco de sementes, na fertilidade do solo, no estoque de biomassa e nutrientes da serrapilheira e da fauna do solo. Para fins de comparação foi avaliada uma área desmatada e abandonada com predominância de capim gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.) e capim sapê (*Imperata brasiliensis* Trin.) que representa o estado em que estaria a área reflorestada caso não houvesse intervenção antrópica e um fragmento de Mata Secundária adjacente, possível fonte de propágulos. O plantio de leguminosas arbóreas mostrou-se eficiente em promover a sucessão vegetal uma vez que os parâmetros avaliados mostraram-se similares ao fragmento de Mata Secundária. A composição florística apresentou baixa similaridade de Jaccard tanto entre os terços do reflorestamento como em relação à parcela de Mata Secundária. *Guarea guidonia* e *Nectandra membranaceae* foram as únicas espécies presentes no estrato regenerativo em 2000 encontradas no estrato adulto em 2010 em todas as parcelas do reflorestamento. O banco de sementes indicou que a comunidade tem capacidade de auto-regeneração em caso de distúrbios, onde *Cecropia pachystachya* foi a espécie mais abundante para todas as parcelas, exceto para a parcela Capinzal. O plantio de leguminosas mostrou-se eficiente condicionador de substrato, uma vez que atingiu níveis de fertilidade do solo semelhantes ao da Mata Secundária. De maneira geral, os maiores estoques de biomassa e de nutrientes da serrapilheira foram registrados no reflorestamento. As maiores diversidades de fauna do solo foram encontradas em áreas com cobertura florestal, com valores semelhantes entre a Mata Secundária e o reflorestamento, indicando a eficiência da utilização de leguminosas em promover a recolonização da fauna do solo em áreas degradadas. Em relação à dinâmica da fauna do solo ao longo dos 10 anos, verificou-se a comunidade de fauna do solo consolidada com o aumento da diversidade e riqueza. A diminuição do grupo Collembola mostrou-se um bom indicativo do aumento da diversidade vegetal, que refletiu em uma maior uniformidade dos grupos da fauna do solo.

**Palavras-chave:** Sucessão vegetal. Serrapilheira. Fauna do solo.

## ABSTRACT

LASTE, Keila Caroline Dalle. **Evaluation of a revegetated slope in the Atlantic Forest after 17 years of revegetation with legume trees.** 2011. 91p. Dissertation (Master Science in Environmental and Forest Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

The direction of the Portogalo condominium and the researchers of the Brazilian Agricultural Research Corporation carried out the revegetation of deforested slope in 1992, aiming to decrease erosion, restore the scenic beauty and provide value to the condominium's landscape. Ten species of legume trees were inoculated with nitrogen-fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi and introduced in the slope. A study aiming to evaluate the performance of the revegetation initiative was carried out in 2000. The biometric parameters of the plants, soil and litter chemical attributes, and biological indicators were measured. This second study aimed to re-evaluate the revegetated site after 17 years based on the plant successional process, seed bank, soil fertility, nutrients in the litter and soil fauna. An area with the grasses *Melinis minutiflora* P. Beauv. and *Imperata brasiliensis* Trin., which represents how the revegetated site would be if human intervention had not been done, and a secondary forest site nearby, were used for comparison with the revegetated site. The secondary forest site might have been a source of plant propagules. The introduction of legume trees was efficient in promoting the plant succession in the sites since the evaluated parameters were similar to those measured in the secondary forest site. The floristic composition presented a low similarity to the revegetated portion and to the secondary forest portion, as measured by the index of Jaccard. *Guarea guidonia* and *Nectandra membranaceae* were the only species found in the regenerative stratum in 2000 that were also found in the mature stratum in 2010 in all revegetated parcels. The seed bank indicated that the community is able to self-regenerate in case of disturbance. *Cecropia pachystachya* was the most abundant species in all parcels, except in the parcel with grasses. The introduction of legumes was an efficient conditioner of the substrate as indicated by the fertility levels similar to those found in the secondary forest. The highest biomass and nutrient stocks in the litter were generally found in the revegetated site. The highest diversity of soil fauna was found in areas covered with forest, and it was similar between the secondary forest and the revegetated sites, indicating that to use legumes was an efficient way to promote the recolonization of the revegetated area. The soil fauna community was consolidated with the increase in the diversity and richness during the last 10 years. The decrease in the Collembola group was a good indicator of plant diversity increase, which was mirrored in a higher uniformity of the groups of soil fauna.

**Key-words:** Plant succession. Litter. Soil fauna.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Número de indivíduos, diâmetro médio a altura do peito (DAP), altura média (H) das espécies remanescentes no reflorestamento, plantadas em 1992-93, medidas nos anos de 2000 e 2010. .... 15
- Tabela 2.** Famílias, Espécies e Síndrome de dispersão das plantas encontradas no levantamento florístico realizado em área de reflorestamento (Terço Inferior TI; Terço Médio TM e Terço Superior TS) e de Mata Secundária (MS) do condomínio Portugal, município de Angra dos Reis-RJ..... 17
- Tabela 3.** Área amostrada, Número de indivíduos, Número de famílias, Número de espécies, Índice de Shannon, Índice de Pielou e Densidade total de indivíduos/ ha, referentes aos levantamentos realizados em 2000 e 2010 para os Terços Inferior (TI), Médio (TM) e Superior (TS) do reflorestamento e, para o fragmento de Mata Secundária (MS) no condomínio Portugal, Angra dos Reis – RJ. .... 27
- Tabela 4.** Regeneração natural por classe de altura e Regeneração Natural Total (RNT) das espécies presentes no Terço Inferior do reflorestamento..... 34
- Tabela 5.** Regeneração natural por classe de altura e Regeneração Natural Total (RNT) das espécies presentes no Terço Médio do reflorestamento. .... 36
- Tabela 6.** Regeneração natural por classe de altura e Regeneração Natural Total (RNT) das espécies presentes no Terço Superior do reflorestamento. .... 38
- Tabela 7.** Regeneração natural das espécies presentes ao estrato regenerativo no fragmento de Mata Secundária por classe de altura e estimativa da regeneração natural total (RNT). .... 40
- Tabela 8.** Famílias e espécies botânicas encontradas no banco de sementes para as áreas estudadas. TI - Terço Inferior do reflorestamento; TM - Terço Médio do reflorestamento; TS - Terço Superior do reflorestamento; MS - Mata Secundária (MS) e C – Capim, condomínio Portugal, de Angra dos Reis-RJ..... 43
- Tabela 9.** Valores de pH, Al (alumínio), Ca+Mg (soma de cálcio e magnésio), K (potássio), P (fósforo), C (carbono orgânico), MO (matéria orgânica) e N (nitrogênio) para as profundidades de 0-2,5 cm, 2,5-7,5 cm e 7,5-20 cm observados nos terços do reflorestamento, na Mata Secundária e no Capinzal, no condomínio Portugal, Angra dos Reis. .... 59
- Tabela 10.** Número de indivíduos por armadilha por dia, índice de Shannon, riqueza total, riqueza média e equitabilidade para os grupos da fauna do solo encontrados, nas épocas seca e chuvosa, nas parcelas do reflorestamento (Terço Inferior, Terço Médio e Terço Superior), na área de Mata secundária e na área de Capinzal, no condomínio Portugal, Angra dos Reis. .... 62
- Tabela 11.** Número médio de indivíduos dos 24 grupos da fauna do solo, observados nas parcelas do reflorestamento (Terço Inferior, Médio e Superior), na parcela de Capinzal e na parcela de Mata Secundária, no condomínio Portugal, Angra dos Reis. .... 64
- Tabela 12.** Percentual dos grupos Collembola e Formicidae (% C+F) em relação ao total de indivíduos, valores dos índices de Shannon e Pielou para os grupos de fauna,

excluindo os grupos Collembola e Formicidae, nas parcelas do reflorestamento, na parcela de Mata Secundária e na parcela de Capinzal, nas duas épocas de amostragem, no condomínio Portugal, Angra dos Reis. .... 66

**Tabela 13.** Número de indivíduos por armadilha por dia, índice de Shannon, riqueza total, e equitabilidade de Pielou para os grupos da fauna do solo encontrados, na época chuvosa, nas parcelas do reflorestamento (Terço Inferior, Terço Médio e Terço Superior), na área de Mata secundária e na área de Capinzal, nos anos de 2000 e 2010, no condomínio Portugal, Angra dos Reis. .... 72

**Tabela 14.** Classificação dos grupos da fauna nas categorias inibição extrema (IE), inibição moderada (IM), inibição leve (IL), sem alteração (SA), estimulação leve (EL), estimulação moderada (EM) e estimulação extrema (EE) de acordo com a faixa de variação do índice de mudança calculado em relação à Mata Secundária para as parcelas do reflorestamento Terço Inferior (TI), Terço Médio (TM) e Terço Superior (TS) e para a área de Capinzal, nos anos de 2000 e 2010, no condomínio Portugal, Angra dos Reis. .... 74

**Tabela 15.** Classificação dos grupos da fauna nas categorias inibição extrema (IE), inibição moderada (IM), inibição leve (IL), sem alteração (SA), estimulação leve (EL), estimulação moderada (EM) e estimulação extrema (EE) de acordo com a faixa de variação do índice de mudança calculado em relação ao Capinzal para as parcelas do reflorestamento Terço Inferior (TI), Terço Médio (TM) e Terço Superior (TS) e para a área de Capinzal, nos anos de 2000 e 2010, no condomínio Portugal, Angra dos Reis. .... 74

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Médias mensais de precipitação e temperatura em Angra dos Reis, RJ. Período climatológico de 1960-1990. Extraído de <http://bancodedados.cptec.inpe.br/climatologia/Controller> ..... 3
- Figura 2.** Vista geral do Condomínio Portugal e as três áreas estudadas, destacadas com setas. Da esquerda para a direita: fragmento de Mata Secundária, reflorestamento com leguminosas arbóreas e a área abandonada com predominância de capim gordura e capim sapê. .... 5
- Figura 3.** Número de indivíduos observados para as 10 famílias com maior número de indivíduos presentes no Terço Inferior do reflorestamento. .... 21
- Figura 4.** Número de indivíduos observados para as 10 famílias com maior número de indivíduos presentes no Terço Médio do reflorestamento. .... 22
- Figura 5.** Número de indivíduos observados para as 10 famílias com maior número de indivíduos presentes no Terço Superior do reflorestamento. .... 22
- Figura 6.** Número de indivíduos observados para as 10 famílias com maior número de indivíduos presentes na Mata Secundária. .... 23
- Figura 7.** Dendrogramas de similaridade florística entre os três terços do reflorestamento e o fragmento de Mata Secundária. TI: Terço Inferior; TM: Terço Médio; TS: Terço Superior e MS: Mata Secundária, (A) Indivíduos Adultos, (B) Indivíduos da Regeneração e (C) Indivíduos Adultos e da Regeneração. .... 25
- Figura 8.** Valor de importância (VI), Frequência Relativa, Dominância Relativa e Densidade Relativa para as diferentes espécies adultas encontradas no Terço Inferior do reflorestamento. .... 29
- Figura 9.** Valor de importância (VI), Densidade Relativa, Dominância Relativa e Frequência Relativa para as diferentes espécies adultas encontradas no Terço Médio do reflorestamento. .... 29
- Figura 10.** Valor de importância (VI), Densidade Relativa, Frequência Relativa e Dominância Relativa para as diferentes espécies adultas encontradas no Terço Superior do reflorestamento. .... 30
- Figura 11.** Valor de importância (VI), Densidade Relativa, Frequência Relativa e Dominância Relativa para as diferentes espécies adultas encontradas na Mata Secundária. .... 30
- Figura 12.** Distribuição dos indivíduos da vegetação adulta em classes de altura. .... 31
- Figura 13.** Distribuição dos indivíduos da vegetação adulta em classes de diâmetro a altura do peito (DAP). .... 32
- Figura 14.** Número de indivíduos observados no estrato regenerativo na parcela implantada no Terço Inferior do reflorestamento distribuídos, por classe de altura de planta. Classe I: 0,40-1,40 m; Classe II: 1,41-2,40 m e Classe III: >2,40 m e < 5 cm DAP. .... 35
- Figura 15.** Número de indivíduos observados no estrato regenerativo na parcela implantada no Terço Médio do reflorestamento distribuídos, por classe de altura de planta. Classe I: 0,40-1,40 m; Classe II: 1,41-2,40 m e Classe III: >2,40 m e < 5 cm DAP. .... 37

<b>Figura 16.</b> Número de indivíduos observados no estrato regenerativo na parcela implantada no Terço Superior do reflorestamento, distribuídos por classe de altura de planta. Classe I: 0,40-1,40 m; Classe II: 1,41-2,40 m e Classe III: >2,40 m e < 5 cm DAP. ...	39
<b>Figura 17.</b> Número de indivíduos observados no estrato regenerativo na parcela implantada na Mata Secundária, distribuídos por classe de altura de planta. Classe I: 0,40-1,40 m; Classe II: 1,41-2,40 m e Classe III: >2,40 m e < 5 cm DAP. ....	41
<b>Figura 18.</b> Número total de indivíduos encontrado nas quatro amostragens, para as oito espécies de maior ocorrência no banco de sementes do solo no Terço Inferior do reflorestamento no Condomínio Portugal, Angra dos Reis, RJ. ....	45
<b>Figura 19.</b> Número total de indivíduos encontrado nas quatro amostragens, para as oito espécies de maior ocorrência no banco de sementes do solo no Terço Médio do reflorestamento no Condomínio Portugal, Angra dos Reis, RJ. ....	45
<b>Figura 20.</b> Número total de indivíduos encontrado nas quatro amostragens, para as oito espécies de maior ocorrência no banco de sementes do solo no Terço Superior do reflorestamento, no Condomínio Portugal, Angra dos Reis, RJ. ....	46
<b>Figura 21.</b> Número total de indivíduos encontrado nas quatro amostragens, para as oito espécies de maior ocorrência no banco de sementes do solo na Mata Secundária, no Condomínio Portugal, Angra dos Reis, RJ. ....	46
<b>Figura 22.</b> Número total de indivíduos encontrado nas quatro amostragens, para as oito espécies de maior ocorrência no banco de sementes do solo em área de Capinzal, no Condomínio Portugal, Angra dos Reis, RJ. ....	47
<b>Figura 23.</b> Número de indivíduos, classificados de acordo com a forma de vida, presente no banco de sementes do Terço Inferior (TI), Médio (TM) e Superior (TS) do reflorestamento, da Mata Secundária (MS) e do Capinzal (C) no Condomínio Portugal, Angra dos Reis. ....	48
<b>Figura 24.</b> Percentual de indivíduos das espécies <i>Acacia mangium</i> , <i>Acacia auriculiformis</i> , <i>Cecropia</i> sp e <i>Trema micrantha</i> encontrado no banco de sementes, nas quatro amostragens, para os terço Inferior (TI), Médio (TM) e Superior (TS) do reflorestamento e para a Mata Secundária (MS), no Condomínio Portugal, Angra dos Reis. ....	49
<b>Figura 25.</b> Estoque de serrapilheira (ton ha <sup>-1</sup> ) encontrado nas parcelas do reflorestamento, na parcela sob Mata Secundária e na parcela de Capinzal. Colunas com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. CV=21%.....	60
<b>Figura 26.</b> Estoque de N (nitrogênio), Ca (cálcio), K (potássio), Mg (magnésio) e P (fósforo) na serrapilheira (kg ha <sup>-1</sup> ) encontrado nas parcelas do reflorestamento, na parcela sob Mata Secundária e na parcela de Capinzal. Colunas com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. ....	61
<b>Figura 27.</b> Dominância dos grupos Formicidae e Collembola em relação ao número de indivíduos da fauna do solo encontrado na época seca (A) e na época chuvosa (B) para as parcelas do reflorestamento TI (Terço Inferior), TM (Terço Médio), TS (Terço Superior), para a área de MS (Mata Secundária) e para a área de C (Capinzal), no condomínio Portugal, Angra dos Reis. ....	63
<b>Figura 28.</b> Composição relativa dos grupos de fauna do solo, excluindo os grupos Collembola e Formicidae, nas parcelas do reflorestamento Terço Inferior (TI), Terço	

Médio (TM), Terço Superior (TS), na parcela de Mata Secundária (MS) e na parcela de Capinzal (C), na época seca, no condomínio Portugalo, Angra dos Reis. ....	68
<b>Figura 29.</b> Composição relativa dos grupos de fauna do solo, excluindo os grupos Collembola e Formicidae, nas parcelas do reflorestamento Terço Inferior (TI), Terço Médio (TM), Terço Superior (TS), na parcela de Mata Secundária (MS) e na parcela de Capinzal (C), na época chuvosa, no condomínio Portugalo, Angra dos Reis. ....	69
<b>Figura 30.</b> Dendrogramas de distância entre as parcelas do reflorestamento Terço Inferior (TI), Terço Médio (TM), Terço Superior (TS), a parcela de Mata Secundária (MS) e a parcela de capinzal (C), construídos com o método de agrupamento UPGMA e a distância euclidiana, para os grupos da fauna, considerando: (A) o número absoluto de indivíduo de cada grupo na época seca; (B) o número proporcional de indivíduos de cada grupo transformado para uma escala entre 0 e 1, na época seca; (C) o número de indivíduo de cada grupo na época chuvosa e, (D) o número proporcional de indivíduos de cada grupo transformado para uma escala entre 0 e 1, na época chuvosa, no condomínio Portugalo, Angra dos Reis. ....	70
<b>Figura 31.</b> Vista aérea da região onde hoje está localizado o condomínio Portugalo. Foto do arquivo do condomínio retratando a área na época da implantação do condomínio....	88
<b>Figura 32.</b> Vista aérea da região onde hoje está localizado o condomínio Portugalo. Foto do arquivo do condomínio retratando a área na época da implantação do condomínio....	88
<b>Figura 33.</b> Foto do arquivo do condomínio que retrata a degradação da encosta avaliada no início do plantio, em 1992. Foto do arquivo do condomínio. ....	89
<b>Figura 34.</b> Foto do arquivo do condomínio com vista geral da encosta estudada após o reflorestamento. ....	89
<b>Figura 35:</b> Reflorestamento na área do condomínio Portugalo. Foto do arquivo do condomínio. ....	90
<b>Figura 36.</b> Foto no interior do reflorestamento retratando a queda das árvores e a regeneração das clareiras com indivíduos da família Melastomataceae. ....	90
<b>Figura 37.</b> Epífita sobre indivíduo de <i>Acacia mangium</i> no interior do reflorestamento. ....	91

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>3</b>
Localização, Vegetação, Solo e Clima.....	3
Histórico da Área .....	4
<b>CAPÍTULO I SUCESSÃO VEGETAL E BANCO DE SEMENTES EM UM REFLORESTAMENTO COM LEGUMINOSAS ARBÓREAS NA MATA ATLÂNTICA APÓS 17 ANOS DO PLANTIO</b> .....	<b>6</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2.MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
2.1 Sucessão Vegetal .....	11
2.1.1 Levantamento florístico .....	11
2.1.2 Avaliação da similaridade florística .....	11
2.1.3 Avaliação da dinâmica da vegetação .....	11
2.1.4 Análise fitossociológica e estrutural da vegetação .....	12
2.1.4.1 Avaliação da vegetação adulta .....	12
2.1.4.2 Avaliação do estrato regenerativo .....	13
2.2 Banco de Sementes .....	14
<b>3.RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>15</b>
3.1 Levantamento Florístico.....	15
3.1.1 Avaliações biométricas dos indivíduos remanescentes do plantio realizado em 1992-1993.....	15
3.1.2 Levantamento florístico da vegetação adulta e do estrato regenerativo .....	16
3.1.3 Similaridade da comunidade .....	24
3.1.4 Avaliação da dinâmica da vegetação .....	26
3.1.5 Análise fitossociológica e estrutural da vegetação .....	27
3.1.5.1 Avaliação da vegetação adulta .....	27
3.1.5.2 Estrato Regenerativo.....	32
3.2 Caracterização do Banco de Sementes.....	42
<b>4.CONCLUSÕES</b> .....	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO II FERTILIDADE DO SOLO, ESTOQUE DE BIOMASSA E NUTRIENTES NA SERRAPILHEIRA E FAUNA DO SOLO EM UM REFLORESTAMENTO NA MATA ATLÂNTICA APÓS 17 ANOS DO PLANTIO....</b>	<b>51</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>52</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>53</b>

<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>2.MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>56</b>
2.1 Avaliação da Fertilidade do Solo .....	56
2.2 Avaliação dos Estoques de Biomassa e Nutrientes da Serrapilheira .....	56
2.3 Avaliação dos Organismos da Fauna do Solo .....	56
<b>3.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>58</b>
3.1 Fertilidade do Solo, Estoque de Biomassa e de Nutrientes na Serrapilheira .....	58
3.2 Fauna do Solo .....	61
3.2.1 Caracterização da fauna do solo após 17 anos do plantio.....	61
3.2.2 Monitoramento da fauna do solo .....	71
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>75</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>76</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>77</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>88</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

A destruição da Floresta Atlântica é consequência da exploração de seus recursos desde o início da colonização do país. A extração do pau-brasil, a instalação de culturas como a cana-de-açúcar e café, além da mineração de ouro e da pecuária são exemplos de atividades que marcaram a história de exploração da Floresta Atlântica. Outros fatores como a expansão da urbanização e as atividades industriais contribuíram para a redução das áreas de floresta original. Atualmente, esta redução está associada principalmente à especulação imobiliária, à exploração agropecuária, ao extrativismo e ao comércio ilegal de madeira e animais silvestres (TONHASCA JR., 2005; GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2005; SOS MATA ATLÂNTICA, 2010).

Após anos de exploração restam de 11,4 a 16% da área original, onde mais de 80% dos remanescentes possuem menos de 50 ha (RIBEIRO et al., 2009). O estado de conservação e a importância biológica insubstituível do bioma incluíram a Floresta Atlântica na lista dos 25 “hotspots” de biodiversidade mundial (MYERS et al., 2000). LAURANCE (2009) cita ainda o bioma como “the hottest of the hotspots”.

O município de Angra dos Reis, localizado ao sul do estado do Rio de Janeiro, pertence à área de abrangência do corredor da Serra do Mar, que abriga uma das poucas áreas contínuas ainda florestadas na Floresta Atlântica. Essa região é de fundamental importância, devido à presença de espécies endêmicas, a maioria delas ameaçadas (GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005). Entretanto, ao se trafegar pela BR 101 fica visível o resultado da ação antrópica ao longo dos anos sobre a Floresta Atlântica. As áreas preservadas ao longo da cadeia de montanhas da Serra do Mar contrastam com grandes áreas descobertas de floresta, resultado da facilidade de acesso e da proximidade com o litoral. O desmatamento destas áreas, aliado à acentuada declividade das encostas e o alto índice pluviométrico da região, contribuem para o processo de erosão e degradação dos solos.

Por enquadrar-se neste cenário de degradação que, a direção do Condomínio Portugal com o apoio de pesquisadores da Embrapa Agrobiologia, iniciou em 1992, um programa de reflorestamento das encostas desprovidas de florestas. A diminuição dos sedimentos que chegavam as praias, o restabelecimento da beleza cênica e a contribuição para a restauração da diversidade biológica fizeram com que o projeto não fosse só iniciado, mas que se mantivesse até a atualidade.

Foram utilizadas espécies de leguminosas florestais inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e com fungos micorrízicos arbusculares. Essa técnica é baseada no princípio das propriedades emergentes, onde quando em associação, os organismos adquirem capacidades antes inexistentes (SOUZA & SILVA, 1996). Desta forma, as leguminosas tornam-se aptas para viver em ambientes limitados e criam condições favoráveis que possibilitam e/ou aceleram a regeneração natural das espécies locais.

Plantios utilizando baixa diversidade de espécies, bem como a utilização de espécies exóticas são questionados por alguns autores (PARROTA & KNOWLES, 2008; BRANCALION et al., 2010). Por outro lado, MORAES et al. (2010) defendem que a restauração ecológica pode ser realizada com o uso inicial de espécies exóticas para restabelecer os teores de matéria orgânica no solo, mas que a longo prazo obtenha alta diversidade vegetal e estrutura semelhante ao ecossistema original.

Considerando a paisagem regional de Angra dos Reis, onde existem grandes áreas de vegetação nativa conservadas, que ainda abrigam diversidade representativa da flora regional e também de agentes polinizadores e dispersores de sementes, a implantação de leguminosas florestais é uma alternativa interessante do ponto de vista técnico, econômico e ambiental.

Técnico, pela facilidade de se conseguir mudas de poucas espécies e, econômico-ambiental pela possibilidade de redução do uso de fertilizantes nitrogenados que encarecem o plantio. Estes fertilizantes podem apresentar riscos ambientais quando usados em excesso.

Para avaliar a eficiência da técnica empregada na revegetação das encostas do condomínio Portogalo iniciou-se no ano de 1999, o acompanhamento de parâmetros químicos e biológicos na área do plantio mais antigo (CHADA, 2001). Neste primeiro estudo foi realizado o levantamento florístico, a avaliação do banco de sementes, a caracterização da fauna do solo, a determinação da fertilidade do solo, bem como, a avaliação do estoque de biomassa e de nutrientes na serrapilheira.

Baseado na hipótese de que leguminosas florestais associadas a microrganismos possibilitariam a restauração do ecossistema e de que ocorreriam melhorias ao longo dos anos este estudo teve como objetivo geral reavaliar o reflorestamento com leguminosas arbóreas associadas à microrganismos 17 anos após o plantio.

O trabalho, dividido em dois capítulos, apresenta no primeiro os resultados relativos às avaliações do levantamento florístico e referente ao banco de sementes; no segundo capítulo são apresentados os resultados relativos à fertilidade do solo, ao estoque de biomassa e de nutrientes presentes na serrapilheira e a caracterização da fauna do solo. Sempre que possível buscou-se realizar a comparação entre os dados obtidos nos anos de 2009-2010 (2010) e os dados apresentados por CHADA (2001) referentes ao levantamento realizado nos anos de 1999-2000 (2000).

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

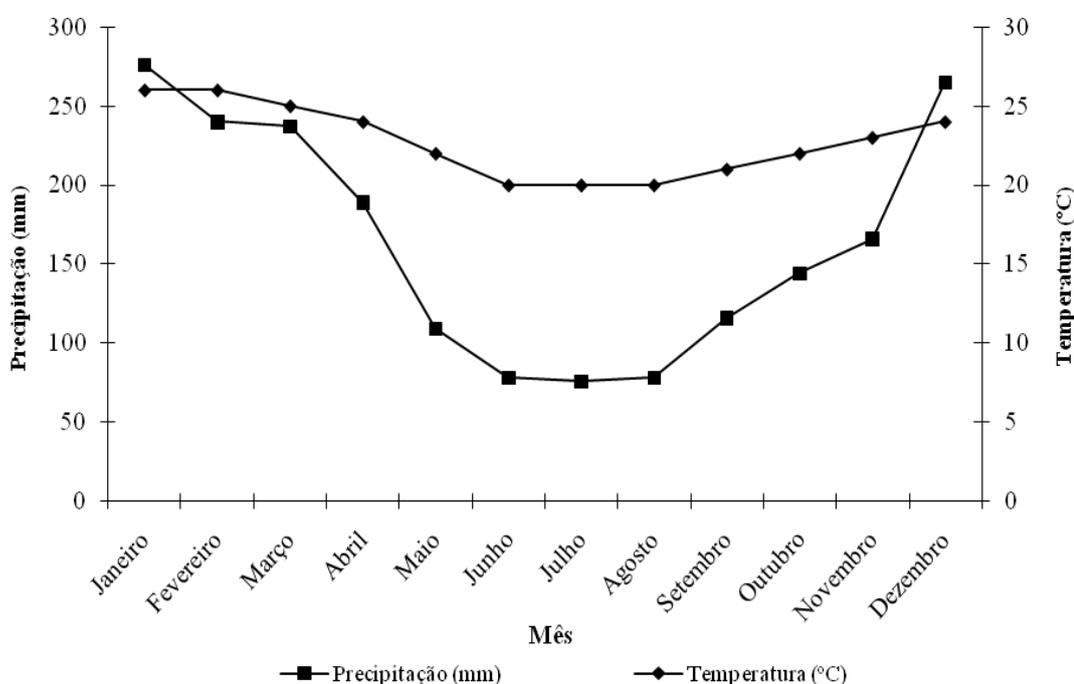
### Localização, Vegetação, Solo e Clima

A área de estudo está localizada no município de Angra dos Reis, litoral sul do estado do Rio de Janeiro, no Condomínio Portugal, nas coordenadas geográficas 23°02'30''S e 44°11'30''W. A altitude da área de estudo localizada no condomínio varia entre 100 e 200 m.

A vegetação da região foi classificada por VELOSO et al. (1991) como sendo Floresta Ombrófila Densa. De acordo com o Instituto SOS Mata Atlântica, em levantamento referente ao período compreendido entre os anos de 2005 e 2008, o município de Angra dos Reis, possui 81% de remanescentes de Mata Atlântica (INSTITUTO SOS MATA ATLÂNTICA, 2011).

De acordo com CHADA (2001) os solos da área de estudo são predominantemente Argissolos Vermelho Amarelo (Podzólico Vermelho Amarelo) nas partes menos declivosas e os Cambissolos ocupam os pontos mais íngremes.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é caracterizado como Af, tropical úmido, sem estação seca definida. A temperatura anual média é de 22,75°C e a precipitação pluviométrica anual média é de 1974 mm. Os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março apresentam precipitações superiores a 200 mm (Figura 1). Observa-se que mesmo durante os meses de menores índices, os valores mensais não são inferiores a 70 mm (INPE, 2010).



**Figura 1.** Médias mensais de precipitação e temperatura em Angra dos Reis, RJ. Período climatológico de 1960-1990. Extraído de <http://bancodedados.cptec.inpe.br/climatologia/Controller>

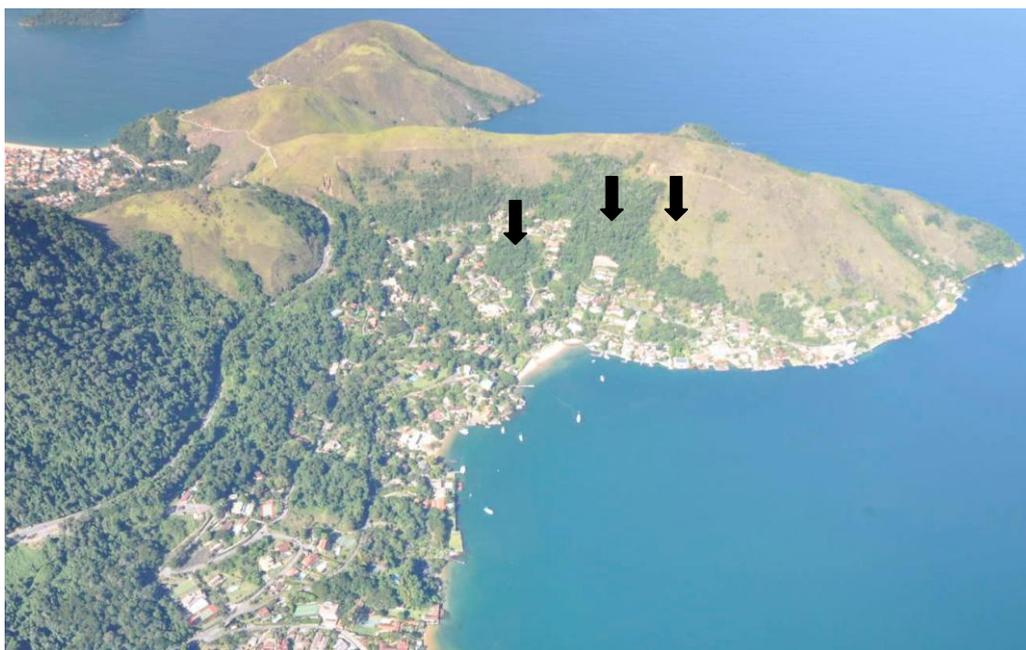
## Histórico da Área

As encostas foram desmatadas pelos primeiros moradores do local, que usavam as áreas para cultivo de subsistência antes da construção do condomínio. Dentre os cultivos pode-se destacar o do café, do milho, da mandioca e da banana. As terras em que hoje se localiza o condomínio Portogalo, abrigavam na década de 60 uma fazenda produtora de banana, Fazenda Itapinhoacanga (CONDOMÍNIO PORTOGALO, 2011). Após a instalação do condomínio, na década de 1970, as áreas até então cultivadas foram abandonadas. Na época as encostas apresentavam processos erosivos e grande produção de sedimentos que prejudicavam a balneabilidade das praias (Anexo).

Com a finalidade de mitigar os processos erosivos, restabelecer a beleza cênica e com isso agregar valor ao conjunto paisagístico, a direção do condomínio Portogalo, com o apoio dos pesquisadores da Embrapa Agrobiologia iniciou, em 1992, um programa de reflorestamento das encostas do Condomínio. Até o final do ano 2000 foram plantadas 100.000 mudas de leguminosas pioneiras. Na mesma época, foram construídos aceiros a fim de prevenir incêndios. A encosta avaliada neste estudo corresponde à área reflorestada entre dezembro de 1992 e março de 1993 com uma área de aproximadamente 3 ha, onde foram plantadas 5.500 mudas de 10 espécies de leguminosas no espaçamento 2 m x 3 m. No plantio foram utilizados cerca de 100 g de fosfato de rocha e 100 g de superfosfato simples. As espécies nativas e exóticas utilizadas foram: *Pseudosamanea guachapele*, *Gliricidia sepium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Senna siamea*, *Pterocarpus indicus*, *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformi* e *Mimosa tenuiflora*, sendo que as três últimas corresponderam por 50% das mudas plantadas. As espécies de leguminosas foram inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares, salvo a espécie *Senna siamea* que não forma simbiose com tais bactérias. Das espécies plantadas, *Senna siamea* não se estabeleceu, *Gliricidia sepium* e *Enterolobium contortisiliquum* foram atacadas por pragas e doenças e *Leucaena leucocephala* foi abafada pelo crescimento das outras espécies (CHADA, 2001).

Com o objetivo de se avaliar o desempenho do reflorestamento, no ano de 2000 foi realizado um primeiro estudo, onde parâmetros biométricos das espécies plantadas, parâmetros químicos do solo e da serrapilheira depositada, bem como, indicadores biológicos de qualidade foram avaliados (CHADA, 2001). O estudo foi conduzido pela estudante de mestrado Sylvia Chada, vinculada ao programa de pós-graduação em Agronomia-Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Para a coleta de dados foram demarcadas três parcelas permanentes no reflorestamento devido à diferença de declividade da área. Desta forma, a primeira parcela foi alocada no Terço Inferior apresentando 10% de declividade, a segunda no Terço Médio com 45% de declividade e, por fim, a terceira no Terço Superior com 60% de declividade. Para fins de comparação foi demarcada uma parcela em uma área desmatada e abandonada, paralela ao reflorestamento, com predominância de capim gordura (*Melinis minutiflora*) e capim sapê (*Imperata brasiliensis*), com 45% de declividade que representa o estado em que estaria a área caso não houvesse o plantio das leguminosas arbóreas e outra parcela no fragmento de Mata Secundária mais próximo ao reflorestamento (Figura 2). Tanto o fragmento de Mata Secundária como a área de Capinzal, possuem pelo menos 40 anos. As parcelas permanentes apresentam as dimensões de 20 m de largura por 40 m de comprimento (800 m<sup>2</sup>), e foram divididas em quatro subparcelas com dimensão de 10 m de largura por 20 m de comprimento.



**Figura 2.** Vista geral do Condomínio Portugaló e as três áreas estudadas, destacadas com setas. Da esquerda para a direita: fragmento de Mata Secundária, reflorestamento com leguminosas arbóreas e a área abandonada com predominância de capim gordura e capim sapê.

## **CAPITULO I**

### **SUCCESSÃO VEGETAL E BANCO DE SEMENTES EM UM REFLORESTAMENTO COM LEGUMINOSAS ARBÓREAS NA MATA ATLÂNTICA APÓS 17 ANOS DO PLANTIO**

## RESUMO

Este trabalho avaliou um reflorestamento com leguminosas arbóreas associadas a microrganismos 17 anos após o plantio por meio de indicadores de mudanças ambientais, e sempre que possível, os dados obtidos foram comparados a primeira avaliação realizada no ano 2000. Os indicadores utilizados foram a sucessão vegetal com a mensuração dos indivíduos remanescentes do plantio realizado em 1992/93, os indivíduos adultos (DAP  $\geq$  5 cm) e os indivíduos do estrato regenerativo ( $>2,4$ h e  $<5$  cm DAP), além da capacidade de regeneração da área com a avaliação do banco de sementes. Para fins de comparação foi utilizado como referência um fragmento de Mata Secundária adjacente e uma área desmatada e abandonada com predomínio de capim gordura (*Melinis minutiflora*) e capim sapê (*Imperata brasiliensis*). O plantio de leguminosas arbóreas mostrou-se eficiente em promover a sucessão vegetal, pois tanto a vegetação adulta como o estrato regenerativo do reflorestamento apresentaram parâmetros similares ao fragmento de Mata Secundária. A composição florística apresentou baixa similaridade de Jaccard tanto entre os terços do reflorestamento como em relação à parcela de Mata Secundária. As leguminosas plantadas estão saindo do sistema, onde das 211 leguminosas plantadas amostradas em 2000, restam 34 indivíduos no reflorestamento. *Guarea guidonia* e *Nectandra membranaceae* foram as únicas espécies presentes no estrato regenerativo em 2000 encontradas no estrato adulto em 2010 em todas as parcelas do reflorestamento. O banco de sementes indicou que a comunidade tem capacidade de auto-regeneração em caso de distúrbios, onde *Cecropia pachystachya* foi a espécie mais abundante para todas as parcelas, exceto para a parcela Capinzal que apresentou predominância de *Melinis minutiflora*.

**Palavras chave:** Restauração ecológica. *Guarea guidonia*. Angra do Reis.

## ABSTRACT

The aim of this work was to re-evaluate a site revegetated with legume trees associated to microorganisms, 17 years after revegetation, by using indicators of environmental change. The current data was compared to the data from an evaluation performed in 2000, whenever possible. The following indicators were used: plant succession variables, measurement of the individuals remaining since the introduction of the trees in 1992/93, adult individuals, as well as the individuals in the regenerative stratum, besides the regeneration capacity of the area by the evaluation of the seed bank. The following sites were used for comparison: an adjacent fragment of secondary forest in which the plant succession and the seed bank were evaluated; and a deforested site with the grasses *Melinis minutiflora* and *Imperata brasiliensis* in which an evaluation of the seed bank was performed. The revegetation with legume trees was efficient in promoting the plant succession since both the adult plants and the regenerative stratum presented parameters similar to those of the secondary forest site. The floristic composition presented a low similarity to the revegetated area and to the secondary forest area, as measured by the index of Jaccard. Only 34 of 211 legume individuals introduced remain in the revegetated site, showing that the legume trees are being excluded from this site. *Guarea guidonia* and *Nectandra membranaceae* were the only species present in regenerative stratum in 2000 that were found as adult individuals in 2010 in all revegetated parcels. The seed bank indicated that the community is able to self-recover from disturbance. *Cecropia pachystachya* was the most abundant species in seed bank for all parcels, except in the grass sites.

**Key-words:** Ecology restoration. *Guarea guidonia*. Angra dos Reis.

## 1. INTRODUÇÃO

Após séculos de exploração da Floresta Atlântica brasileira, existem mais de 15 milhões de hectares potenciais para restauração ecológica (RODRIGUES et al., 2009). No Brasil, iniciativas para restauração ecológica dos ecossistemas consolidaram-se na década de 80 (PINTO et al., 2009) e desde então diversas metodologias são utilizadas visando a recomposição da diversidade vegetal e animal, bem como, suas interações ecológicas (REIS & KAGEYAMA, 2003).

A escolha da técnica utilizada a ser empregada em programas de restauração florestal varia de acordo com as características do sítio, como a intensidade de degradação, a distância da fonte de sementes e presença de dispersores (REIS & KAGEYAMA, 2003). A disponibilidade financeira para investimentos também pode ser decisiva, podendo ser empregada, dependendo da situação, uma ou mais metodologias (RODRIGUES et al., 2007)

ISERNHAGEN et al. (2009) ressaltam que a condução da regeneração natural aproveitando a capacidade de auto-recuperação do local pode ser o procedimento mais adequado. Entretanto, em áreas muito degradadas, que perderam sua capacidade de resiliência faz-se necessário a intervenção humana. Diversas técnicas podem ser utilizadas como a implantação da técnica de nucleação com poleiros artificiais, transposições de galharia; transposição de solo e serrapilheira, a semeadura direta e o plantio de espécies arbóreas (REIS et al., 2003; MORAES, 2006; RODRIGUES et al., 2010). METZGER (2008) ressalta que em programas de restauração deve-se acrescentar os conceitos de fragmentação, permeabilidade da matriz, conectividade da paisagem e corredores biológicos visando favorecer o fluxo gênico.

Das práticas existentes, o plantio de espécies arbóreas é a mais utilizada na restauração, uma vez que florestas implantadas são catalisadores de sucessão ecológica, pois podem superar as barreiras que impedem a regeneração natural, favorecendo entre outras características a mudanças do microclima e a melhoria na fertilidade do solo, aumentando a complexidade estrutural do habitat (ENGEL & PARROTA, 2008).

Dentre os diversos atributos do ecossistema recomendados pela Society of Ecological Restoration (SER) para avaliação do sucesso na restauração ecológica, RUIZ-JAÉN & AIDE (2005) afirmam que os mais comumente usados são a diversidade de espécies, a estrutura da comunidade e os processos ecológicos. Os mesmos autores relatam que dos indicadores utilizados no monitoramento de áreas restauradas, a avaliação dos parâmetros estruturais da comunidade vegetal é o mais comumente utilizado, uma vez que, segundo YOUNG (2000) as plantas são a base de todos os processos de restauração.

Desta forma, conhecer a composição florística do estrato adulto e do estrato regenerativo pode trazer respostas sobre a evolução das comunidades em processo de restauração e verificar o grau de estabilidade do ecossistema.

O conhecimento da regeneração natural e da composição do banco de sementes nos permite prever o futuro da floresta. Composto basicamente por sementes de espécies pioneiras herbáceas e arbustivo-arbóreas de ciclo de vida curto (BAIDER et al., 1999), o banco de sementes é responsável pela recolonização da vegetação em casos de distúrbios naturais ou antrópicos, dando início ao processo sucessional e, por isso possui papel fundamental na manutenção e dinâmica das florestas tropicais. Desta forma contribui para o restabelecimento de comunidades e para a diversidade de espécies, desempenhando importante papel na restauração de áreas degradadas (VIEIRA, 2004).

Este capítulo teve como objetivo, avaliar a composição da vegetação adulta e da vegetação do estrato regenerativo, avaliar a composição do banco de sementes do solo e

comparar os dados obtidos no presente estudo com os dados encontrados na avaliação do ano 2000 para três parcelas implantadas dentro do reflorestamento e de uma parcela implantada em um fragmento de Mata Secundária próximo, no condomínio Portogalo, Angra dos Reis-RJ.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Sucessão Vegetal

#### 2.1.1 Levantamento florístico

O levantamento florístico das espécies arbustivas e arbóreas foi realizado nas três parcelas demarcadas no reflorestamento e na parcela demarcada na área de Mata secundária. Para conhecer a vegetação adulta foram identificados todos os indivíduos arbóreos com diâmetro altura do peito maior ou igual a 5 cm ( $DAP \geq 5$  cm) e registradas a altura e o diâmetro.

Para o levantamento do estrato regenerativo foram identificados e mensuradas as alturas de todos os indivíduos presentes nas parcelas com altura maior ou igual a 40 cm e ( $H \geq 40$  cm)  $DAP < 5$  cm.

No campo buscou-se identificar os indivíduos amostrados em nível de família, gênero ou espécie. Para os indivíduos cujas famílias e/ou espécies não foram identificadas, quando possível, coletou-se material e confeccionou-se exsicatas que foram posteriormente levadas para o Herbário da UFRRJ para identificação. Os nomes botânicos das espécies e suas respectivas famílias foram conferidos no site do Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org>). Com auxílio de material bibliográfico, as espécies foram classificadas de acordo com sua síndrome de dispersão em anemocórica, zoocórica e autocórica (VAN DER PIJL, 1982).

#### 2.1.2 Avaliação da similaridade florística

Foram construídos dendrogramas para avaliar a similaridade entre a vegetação presente em cada parcela. Para isso utilizou-se o coeficiente de similaridade de Jaccard e o método de agrupamento “UPGMA” disponíveis no programa PAleontological STatistics (HAMMER et al., 2001).

#### 2.1.3 Avaliação da dinâmica da vegetação

Para avaliar a dinâmica da vegetação de cada parcela, foram analisados os seguintes parâmetros: o número total de indivíduos por parcela, densidade total, número de famílias e de espécies e os índices de diversidade de Shannon e de equitabilidade de Pielou, de acordo com as fórmulas:

##### Densidade Total (DT):

$$DT = N / A$$

onde: N é o número total de indivíduos e A a área expressa em hectare.

##### Índice de Shannon:

$$H = -\sum p_i \ln p_i \text{ sendo, } p_i = n_i / N$$

onde:  $n_i$  é o número de indivíduos amostrados da espécie  $i$  e  $N$  é o número total de indivíduos.

### **Índice de Pielou:**

$$J = H' / \ln S$$

onde: H é o Índice de Shannon e S é o número de espécies.

## **2.1.4 Análise fitossociológica e estrutural da vegetação**

### **2.1.4.1 Avaliação da vegetação adulta**

Para análise da vegetação adulta foram calculados os valores referentes a frequência relativa, densidade relativa, e dominância relativa de acordo com MULLER-DOMBOIS & ELLENBERG (1974), utilizado o programa FITOPAC 1.6 (SHEPHERD, 2006). Com base nestes resultados obteve-se os valores de importância (VI). Para os cálculos, utilizou-se as seguintes expressões:

#### **Frequência Relativa (FRi):**

$$FRi = (FAi / \sum FA) * 100$$

onde: FAi é a frequência absoluta da espécie *i* e FA é o somatório das frequências absolutas de todas as espécies.

#### **Densidade Relativa (DRi):**

$$DRi = (ni / N) * 100$$

onde: ni é o número de indivíduos de uma dada espécie e N é o número total de indivíduos amostrados.

#### **Dominância Relativa (DORi):**

$$DORi = (ABi / ABT) * 100$$

onde: ABi é a área ocupada por todos os indivíduos de determinada espécie e ABT é a área total ocupada pelos indivíduos de todas as espécies e,

#### **Valor de Importância (VI):**

$$VI = DRi + FRi + DORi$$

onde: DRi é a densidade relativa da espécie *i*, FRi é a frequência relativa da espécie *i* e DORi é a dominância relativa da espécie *i*.

Para avaliação da distribuição vertical e horizontal da vegetação adulta ( $DAP \geq 5$  cm) os indivíduos foram estratificados em diferentes classes de altura e diâmetro. Para a estratificação das classes de altura foram utilizadas as seguintes amplitudes: Classe I < 5 m; Classe II: 5,1-10,0 m; Classe III: 10,1-15,0 m; Classe IV: 15,1-20,0 m; Classe V: 20,1-25 m e Classe VI: 25,1-30 m. As classes de diâmetro foram estabelecidas com amplitude de 5 cm sendo: Classe I: 5-10 cm; Classe II: 10,1-15 cm; Classe III: 15,1-20 cm; Classe IV: 20,1-25 cm; Classe V: 25,1-30; Classe VI: 30,1-35 cm; Classe VII: 35,1-40 cm; Classe VIII: 40,1-45 cm e Classe IX: >45cm.

### 2.1.4.2 Avaliação do estrato regenerativo

O estrato regenerativo foi avaliado por meio da estimativa do índice de regeneração e por meio da distribuição vertical dos indivíduos amostrados. Para isso, inicialmente os indivíduos foram distribuídos nas seguintes classes de altura: Classe I: 0,40-1,40 m, Classe II: 1,41-2,40 m e Classe III: >2,41 m e DAP < 5 cm. A distribuição vertical foi verificada por meio de construção de gráficos com base no número de indivíduos em cada classe de altura, e o índice de regeneração foi estimado com base na metodologia empregada por FINOL (1971) e modificada por VOLPATO (1994). Para determinação deste índice calculou-se as densidades e frequências absolutas e relativas de cada espécie para cada classe de altura, utilizando as seguintes fórmulas:

#### Frequência Absoluta (FA<sub>ij</sub>):

$$FA_{ij} = (U_{ij} / U_t)$$

onde: FA<sub>ij</sub> é a Frequência Absoluta da espécie i na classe j; U<sub>ij</sub> é o número de unidades amostrais (subparcelas) em que a espécie i está presente na classe j e U<sub>t</sub> é o número total de um unidades amostrais.

#### Frequência Relativa (FR<sub>ij</sub>):

$$FR_{ij} = FA_{ij} / \sum_{j=1}^3 FA_{ij}$$

onde: FR<sub>ij</sub> é a Frequência Relativa da espécie i na classe j e FA<sub>ij</sub> é a Frequência Absoluta da espécie i na classe j<sup>1</sup>.

#### Densidade Absoluta (DA<sub>ij</sub>):

$$DA_{ij} = (n_{ij} / A)$$

onde: DA<sub>ij</sub> é a Densidade Absoluta da espécie i na classe j; n<sub>ij</sub> é o número de indivíduos amostrados da espécie i na classe j e A é a área em hectare.

#### Densidade Relativa (DR<sub>ij</sub>):

$$DR_{ij} = DA_{ij} / \sum_{j=1}^3 DA_{ij}$$

onde: DR<sub>ij</sub> é a Densidade Relativa da espécie i na classe j e DA<sub>ij</sub> é a Densidade Absoluta da espécie i na classe j<sup>2</sup>.

A regeneração natural foi estimada através da soma dos valores de Frequência e Densidade relativa para cada espécie em cada classe de altura de acordo com a expressão:

#### Regeneração Natural por Classe de altura:

$$RNC = (DR_{ij} + FR_{ij}) / 2$$

onde: DR<sub>ij</sub> é a Densidade Relativa da espécie i na classe j e FR<sub>ij</sub> é a Frequência Relativa da espécie i na classe j.

---

<sup>1</sup> Para o cálculo da Frequência Relativa de cada espécie foi utilizado como denominador o somatório das frequências absolutas de todas as espécies em todas as classes de tamanho conforme proposto por VOLPATO (1994).

<sup>2</sup> Para o cálculo da Densidade Relativa de cada espécie foi utilizado como denominador o somatório das densidades absolutas de todas as espécies em todas as classes de tamanho conforme proposto por VOLPATO (1994).

Em seguida foi estimada a Regeneração Natural Total para cada espécie de planta somando os valores encontrados de Regeneração Natural para cada classe de altura de forma que a soma dos RNT de todas as espécies equivale a 100, estando os valores expressos em porcentagem. A RNT foi calculada através da fórmula:

**Regeneração Natural Total (RNT):**

$$RNT = \sum_{j=1}^3 RNC .$$

## 2.2 Banco de Sementes

Para a caracterização da composição e da densidade de propágulos do banco de sementes das áreas avaliadas foram realizados quatro ensaios em condições de casa de vegetação. Nestes ensaios, amostras contendo solo e serrapilheira foram coletadas nas áreas avaliadas e utilizadas como fonte de propágulos.

As amostras foram retiradas de forma aleatória com o auxílio de um gabarito de madeira (0,25 m x 0,25 m), onde se recolheu a camada de serrapilheira e amostra de solo até a profundidade de 3 cm. Foram coletadas oito amostras compostas de cada área (Terço Inferior, Terço Médio e Terço Superior do reflorestamento, Capinzal e da Mata Secundária). Cada amostra composta foi obtida a partir de duas amostras simples e, em cada subparcela de cada área foram coletadas duas amostras compostas, totalizando 40 amostras compostas.

O material coletado foi colocado em sacos plásticos devidamente identificados. Posteriormente as amostras foram levadas para casa de vegetação da Embrapa Agrobiologia onde a serrapilheira foi triada, retirando-se folhas e galhos maiores para evitar um possível sombreamento das sementes. Em seguida, cada amostra foi depositada em uma bandeja plástica com dimensão de (0,25 m X 0,4 m X 0,07 m) contendo uma mistura de areia e vermiculita estéril na proporção de 2:1 (v:v). As bandejas permaneceram a pleno sol e a irrigação foi realizada diariamente. O experimento foi conduzido por um período de 150 dias, quando ocorreu uma estabilização na taxa de germinação.

No final do experimento foi realizada a identificação dos indivíduos. Neste estágio não foi possível identificar algumas das plântulas. Quando não foi possível identificar as plântulas, estas foram transplantadas para vasos contendo solo para maior desenvolvimento e posterior identificação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Levantamento Florístico

##### 3.1.1 Avaliações biométricas dos indivíduos remanescentes do plantio realizado em 1992-1993

Foram encontrados 34 indivíduos remanescentes do plantio de 1992-93 (Tabela 1). A espécie com maior número de indivíduos remanescentes foi *Acacia mangium* com 20 indivíduos no total. Para essa espécie o DAP médio foi de 35,84 cm, sendo observado indivíduo com DAP de até 53,47 cm. Estes resultados evidenciam o potencial silvicultural desta espécie como anteriormente relatado por Balieiro et al. (2004).

Da espécie *Mimosa caesalpinifolia* foram encontrados oito indivíduos, sendo quatro deles no Terço Inferior (TI), dois no Terço Médio (TM) e dois no Terço Superior (TS). Foram encontrados cinco indivíduos de *Acacia auriculiformis*, quatro no TM e um no TS e apenas um indivíduo de *P. guachapele* foi encontrado no TI. Contudo, o maior número de leguminosas remanescentes do plantio foi encontrado presente no TM (14), seguido do TS (13) e do TI (7).

**Tabela 1.** Número de indivíduos, diâmetro médio a altura do peito (DAP), altura média (H) das espécies remanescentes no reflorestamento, plantadas em 1992-93, medidas nos anos de 2000 e 2010.

Espécies	Nº indivíduos		DAP (cm)		H (m)	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010
<i>A. auriculiformis</i>	95	5	14,8	33,45	12,9	28,2
<i>A. mangium</i>	63	20	21,0	35,84	15,4	23,3
<i>M. tenuiflora</i>	37	0	6,93	0	4,75	0
<i>M. caesalpinifolia</i>	8	8	9,31	11,11	7,66	7,8
<i>G. sepium</i>	1	0	2,89	0	4,90	0
<i>P. guachapele</i>	6	1	4,39	7,6	5,04	8,0
<i>P. indicus</i>	1	0	4,46	0	5,15	0
<i>S. siamea</i>	0	0	0	0	0	0
<i>E. contortisiliquum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>L. leucocephala</i>	0	0	0	0	0	0

No ano 2000 foram encontrados 211 indivíduos remanescentes do plantio inicial de 1992-93 (CHADA, 2001). Atualmente, restam 34 destes indivíduos no reflorestamento. Para *Mimosa caesalpinifolia* não houve morte de nenhum indivíduo, enquanto que para *M. tenuiflora*, *Gliricidia sepium* e *Pterocarpus indicus* todos os 39 indivíduos encontrados no levantamento realizado em 2000 morreram.

### 3.1.2 Levantamento florístico da vegetação adulta e do estrato regenerativo

Foi registrado um total de 1596 indivíduos arbóreo-arbustivos, sendo que nas três parcelas do reflorestamento foram encontrados 4883,3 ind.ha<sup>-1</sup> e na Mata Secundária 5300 ind.ha<sup>-1</sup>. No Terço Inferior foram registradas 36 espécies pertencentes a 27 famílias botânicas, no Terço Médio foram registradas 33 espécies pertencentes a 21 famílias botânicas, no Terço Superior foram registradas 27 espécies pertencentes a 19 famílias botânicas. Considerando todos os indivíduos do reflorestamento, um total de 54 espécies pertencentes a 33 famílias botânicas foram amostradas. Na Mata Secundária foram registradas 34 espécies pertencentes a 26 famílias botânicas (Tabela 2).

Considerando tanto a vegetação adulta como o estrato regenerativo, *Guarea guidonia* foi a única espécie presente em todas as parcelas amostradas. *Alchornea triplinervia* presente nas parcelas do reflorestamento não foi encontrada na Mata Secundária e *Mollinedia schottiana*, *Tabebuia cassinoides* e *Euterpe edulis* presentes apenas na parcela de Mata Secundária.

Com relação aos índices de Shannon e equitabilidade de Pielou, valores semelhantes foram obtidos no Fragmento de Mata Secundária (2,62 e 0,74) e no Terço Superior do reflorestamento (2,45 e 0,74). Para o Terço Médio e Inferior os valores foram menores, os quais apresentaram valores de Shannon 2,34 e 1,80 e de equitabilidade 0,67 e 0,50, respectivamente. Os valores de equitabilidade, principalmente no Terço Inferior do reflorestamento, indicam a presença de espécies dominantes contribuindo para os menores valores de diversidade nestas áreas. Os valores de diversidade encontrados neste trabalho podem ser considerados baixos quando comparados com outros trabalhos realizados na Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro (PEIXOTO et al., 2004); mesmo em área bastante alterada antropicamente (BORÉM & OLIVEIRA-FILHO, 2002) o valor de Shannon de 4,13 superou os encontrados neste trabalho e foram semelhantes ao encontrado por OLIVEIRA (2002) com valor do Índice de Shannon de 2,51, em uma floresta em regeneração com 5 anos após cultivo para subsistência na Ilha Grande, RJ.

**Tabela 2.** Famílias, Espécies e Síndrome de dispersão das plantas encontradas no levantamento florístico realizado em área de reflorestamento (Terço Inferior TI; Terço Médio TM e Terço Superior TS) e de Mata Secundária (MS) do condomínio Portugal, município de Angra dos Reis-RJ.

Família\espécie	Síndrome de dispersão	Estrato Adulto				Estrato regenerativo			
		TI	TM	TS	MS	TI	TM	TS	MS
Anacardiaceae									
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	anemocórica				*	*			*
Annonaceae									
<i>Indeterminada 12</i>									*
<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	zoocórica					*	*		
Arecaceae									
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Shott) Burret	zoocórica								*
<i>Euterpe edulis</i> Mart.					*				*
Asteraceae									
<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less	anemocórica		*			*			
Bignoniaceae									
<i>Tabebuia cassinoides</i> (Lam.) DC.	anemocórica				*				*
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	anemocórica						*		*
<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K. Schum.	anemocórica			*			*	*	
Boraginaceae									
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	anemocórica					*			
<i>Cordia hypoleuca</i> DC.	nc*		*						
Cannabaceae									
<i>Trema micranth</i> (L.) Blume	zoocórica			*					
Chrysobalanaceae									
<i>Licania kunthiana</i> Hook. f.	zoocórica								*
Combretaceae									
<i>Terminalia catappa</i> L.	zoocórica	*					*		
Erythroxylaceae									
<i>Erythroxylum pulchrum</i> A. St.-Hil.	zoocórica	*	*	*	*	*	*		*

continuação...

Família\espécie	Síndrome de dispersão	Estrato Adulto				Estrato regenerativo			
		TI	TM	TS	MS	TI	TM	TS	MS
Euphorbiaceae									
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	zoocórica	*	*	*		*	*	*	
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	zoocórica		*	*		*	*	*	*
<i>Tetrorchidium</i> Poepp.	zoocórica		*						
<i>Croton urucurana</i> Baill.	autocórica			*				*	
Fabaceae									
<i>Platycyamus regnellii</i> Benth.	autocórica			*					
<i>Dahlstedtia pinnata</i> (Benth.) Malme	nc								*
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	zoocórica								*
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth) Dugand	autocórica					*			
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	zoocórica		*				*		
Lamiaceae									
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	zoocórica		*	*					
Lauraceae									
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	zoocórica	*	*	*	*	*	*		*
Melastomataceae									
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	zoocórica	*	*			*	*	*	
<i>Miconia calvescens</i> DC.	zoocórica		*			*	*	*	*
<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	zoocórica		*	*		*	*	*	
<i>Tibouchina pulchra</i> Cogn.	anemocórica						*		
Meliaceae									
<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	zoocórica								
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	zoocórica	*	*	*	*	*	*	*	*
Monimiaceae									
<i>Mollinedia schottiana</i> (Spreng.) Perkins	zoocórica				*				*

continuação...

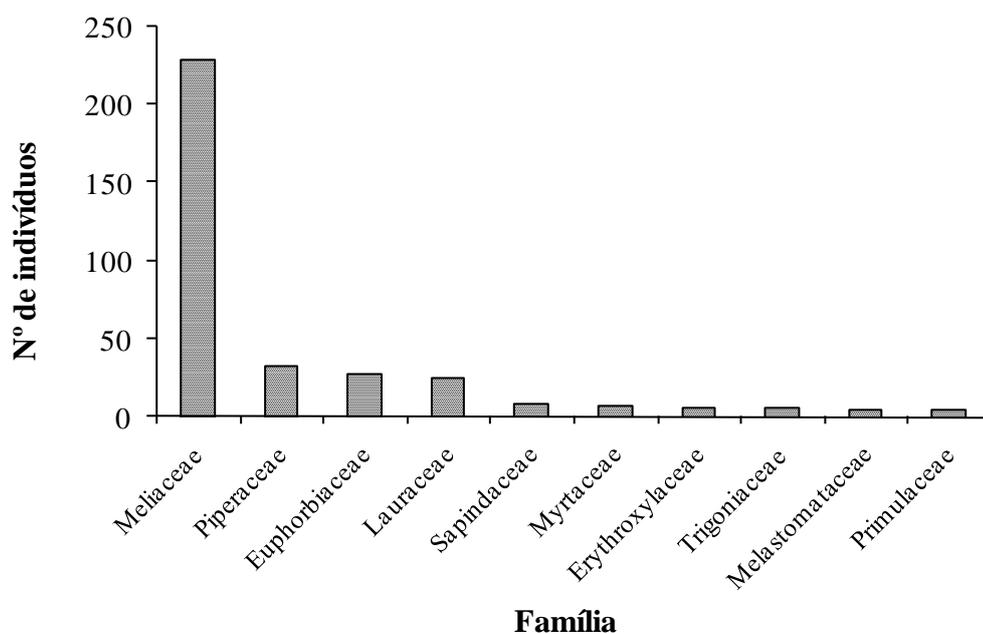
Família\espécie	Síndrome de dispersão	Estrato Adulto				Estrato regenerativo			
		TI	TM	TS	MS	TI	TM	TS	MS
Moraceae									
<i>Ficus insipida</i> Willd.	zoocórica			*	*			*	*
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Wess.	zoocórica				*	*	*		
Boer									
<i>Artocarpus integrifolia</i> L. f.	zoocórica	*	*				*		*
Myristicaceae									
<i>Bicuiba</i> W.J. de Wilde	nc	*							
Myrtaceae									
<i>Eugenia uniflora</i> L.	zoocórica			*		*	*	*	
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	zoocórica					*			
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	zoocórica						*		
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	zoocórica			*					
Indeterminada 4						*			
Nyctaginaceae									
<i>Pisonia tomentosa</i> Casar.	nc				*	*	*		*
<i>Guapira</i> Aubl.	zoocórica				*				
Piperaceae									
<i>Piper anisum</i> Spreng.	zoocórica					*	*	*	*
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	zoocórica					*	*	*	*
<i>Piper mollicomum</i> Kunth	zoocórica					*	*	*	
Polygonaceae									
<i>Triplaris brasiliiana</i> Cham	anemocórica	*							*
Primulaceae									
<i>Myrsine ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	zoocórica					*	*	*	*
Rubiaceae									
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	zoocórica	*	*			*			
<i>Psychotria</i> L.	zoocórica					*			
Rutaceae									
<i>Citrus</i> L.	zoocórica								*

continuação...

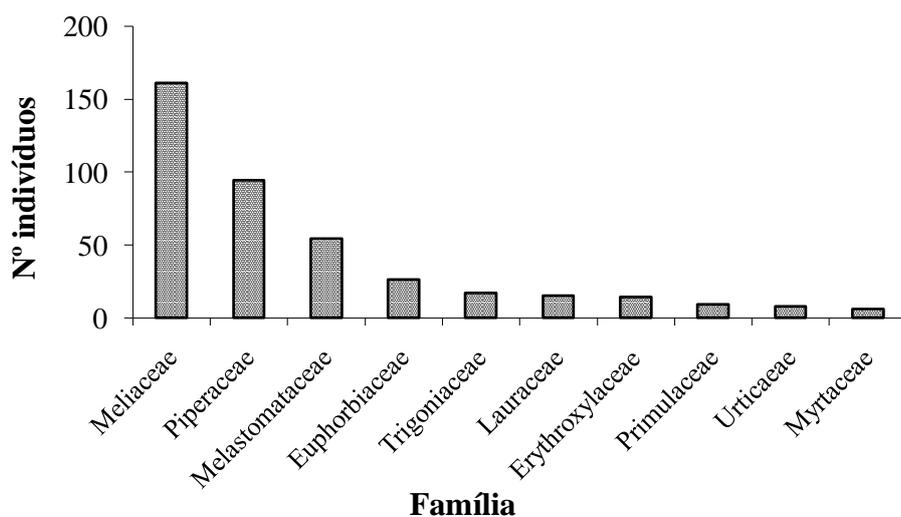
Família\espécie	Síndrome de dispersão	Estrato Adulto				Estrato regenerativo			
		TI	TM	TS	MS	TI	TM	TS	MS
Salicaceae									
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	zoocórica		*			*			
Sapindaceae									
<i>Cupania vernalis</i> Cambess	zoocórica			*	*	*		*	*
Solanaceae									
<i>Solanum</i> sp	zoocórica					*	*		
Indeterminada 3	nc					*	*	*	
Trigoniaceae									
<i>Trigonia crotonioides</i> Cambess	nc		*	*	*	*	*	*	*
Urticaeae									
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	zoocórica		*	*	*	*		*	
<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl.	zoocórica		*						
Indeterminada 1	nc			*					
Indeterminada 2	nc					*			
Indeterminada 5	nc					*	*		*
Indeterminada 6	nc						*		
Indeterminada 7	nc						*		
Indeterminada 8	nc							*	
Indeterminada 9	nc								*
Indeterminada 10	nc								*
Indeterminada 11	nc								*

\*nc: não classificado

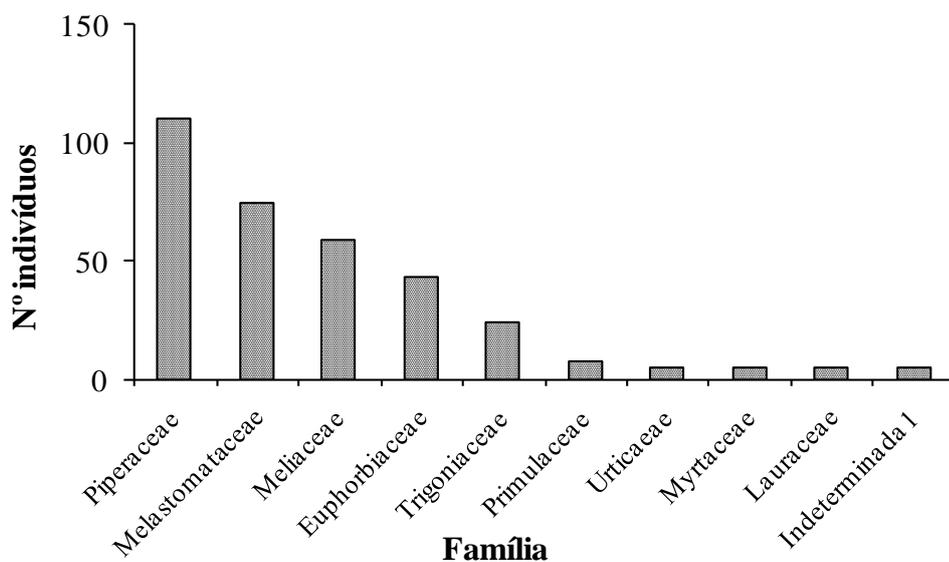
As famílias com maior número de indivíduos presentes no Terço Inferior do reflorestamento foram Meliaceae, seguida de Piperaceae e da Euphorbiaceae (Figura 3). No Terço Médio a família Meliaceae também predominou seguida de Piperaceae e de Melastomataceae (Figura 4). No Terço Superior a família Piperaceae apresentou o maior número de indivíduos seguido da família Melastomataceae e de Meliaceae (Figura 5). Na Mata Secundária a família com maior número de indivíduos foi Sapindaceae, seguida de Nyctaginaceae e da Indeterminada 5 (Figura 6). Apesar do alto número de indivíduos as famílias não são representadas por alto número de espécies, de maneira que as famílias com maior número de espécies foram Myrtaceae (5), Fabaceae (5), Melastomataceae (4) e Euphorbiaceae (4). Melastomataceae, Fabaceae e Myrtaceae foram as famílias mais ricas em um levantamento florístico realizado em Araçuaia-MG (Soares et al., 2006) Estes autores relatam que estas famílias estão entre as mais ricas em levantamentos realizados na região sudeste do Brasil. CARVALHO et al. (2006) avaliaram a composição florística na região do Embaú, no município de Silva Jardim (RJ) e encontraram entre as famílias com maior riqueza Fabaceae, Euphorbiaceae e Myrtaceae e em termos de abundância as famílias Meliaceae- corroborando com os resultados encontrados neste estudo para os Terços Inferior e Médio do reflorestamento- e Sapindaceae como encontrado no fragmento de Mata Secundária.



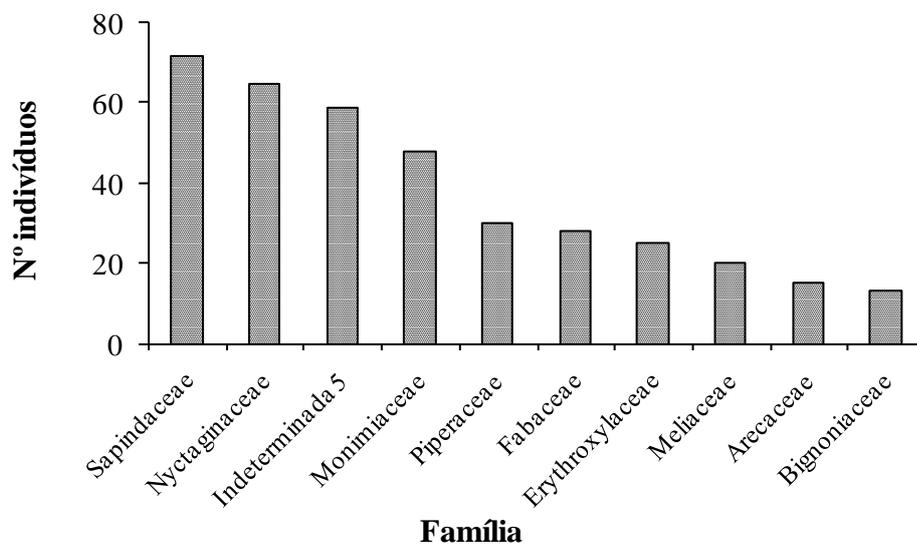
**Figura 3.** Número de indivíduos observados para as 10 famílias com maior número de indivíduos presentes no Terço Inferior do reflorestamento.



**Figura 4.** Número de indivíduos observados para as 10 famílias com maior número de indivíduos presentes no Terço Médio do reflorestamento.



**Figura 5.** Número de indivíduos observados para as 10 famílias com maior número de indivíduos presentes no Terço Superior do reflorestamento.



**Figura 6.** Número de indivíduos observados para as 10 famílias com maior número de indivíduos presentes na Mata Secundária.

Do total de indivíduos amostrados 17,72% pertencem à vegetação adulta. Destes, 83 indivíduos foram amostrados no Terço Inferior, 82 no Terço Médio, 65 no Terço Superior do reflorestamento e 53 na Mata Secundária. No estrato regenerativo foram amostrados 82,27% dos indivíduos, sendo 294 no Terço Inferior, 343 no Terço Médio, 305 no Terço Superior e 372 indivíduos na Mata Secundária. PINTO et al. (2005) ao estudarem nascentes perturbadas e degradadas no município de Lavras–MG com metodologia semelhante onde indivíduos adultos ( $DAP \geq 5\text{cm}$ ) e indivíduos jovens (altura acima de 0,10 cm e  $DAP < 5\text{cm}$ ) verificaram que 26,80% dos indivíduos pertenceram ao estrato arbóreo e 73,20% ao estrato regenerativo.

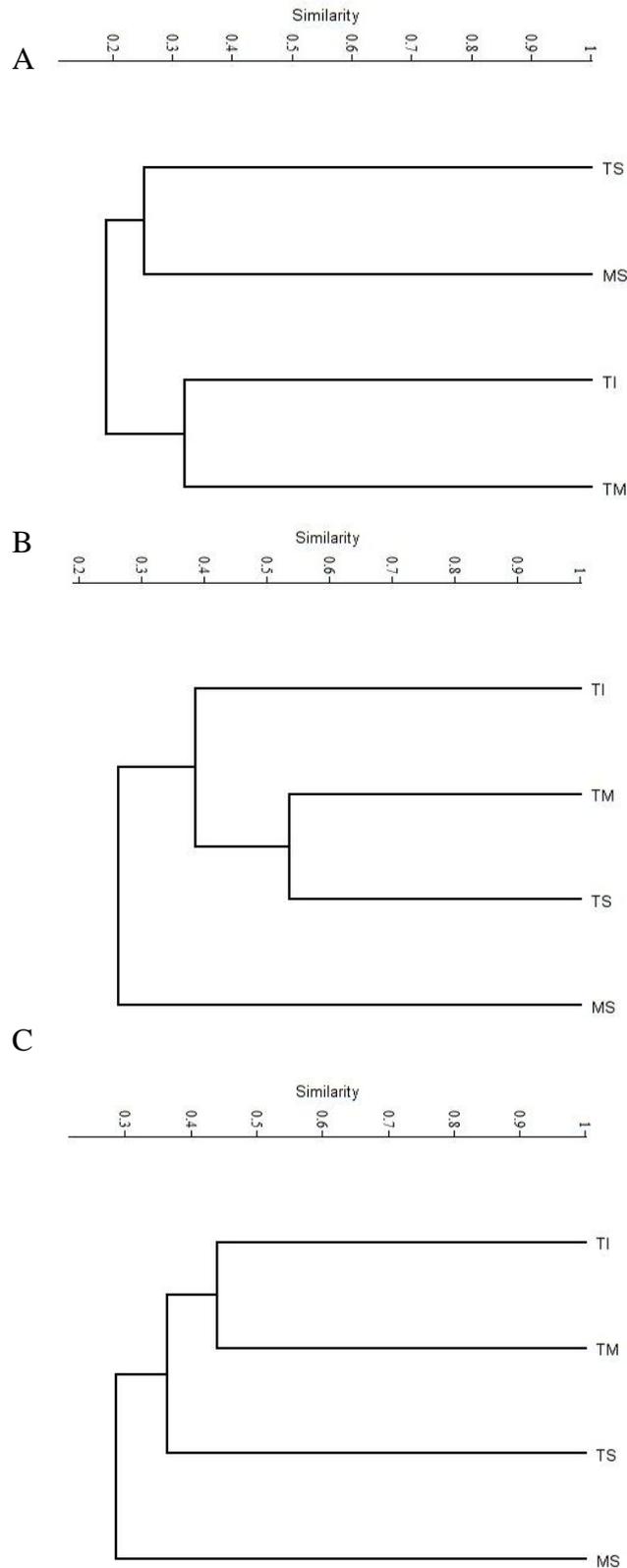
### 3.1.3 Similaridade da comunidade

Considerando a vegetação adulta (Figura 7A), a vegetação do estrato regenerativo (Figura 7B), e a combinação da vegetação adulta com a vegetação do estrato regenerativo (Figura 7C) foi possível observar a formação de dois grupos principais em cada dendrograma. Para a vegetação adulta a Mata Secundária agrupou-se com o terço Superior e o Terço Médio agrupou-se com o Terço Inferior. Para a vegetação do estrato regenerativo e para a combinação da vegetação adulta com o estrato regenerativo a Mata Secundária ficou separada dos terços dos reflorestamentos que formaram um grupo único. Vale ressaltar que para os diferentes agrupamentos, o nível de similaridade entre as parcelas foi baixo, tanto entre a Mata Secundária e os terços do reflorestamento quanto entre os terços do reflorestamento.

Diversos fatores podem explicar as diferenças observadas. BORÉM & OLIVEIRA-FILHO (2002) verificaram diferença na vegetação nos três terços de uma toposequência em Silva Jardim-RJ e sugerem que este comportamento é resultado do histórico de perturbações ocorridas em décadas passadas. PEREIRA et al. (2007) estudaram 20 fragmentos florestais de Floresta Atlântica Montana no sudeste do Brasil, e verificaram que além da ação antrópica, a heterogeneidade ambiental (propriedades químicas do solo, características topográficas e efeito de borda), também influencia na diversidade de espécies arbóreas.

HIGUCHI (2003) estudou a dinâmica da regeneração natural em 10 locais diferentes quanto à declividade, exposição e posição topográfica, em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana Secundária em Viçosa-MG e verificou que, a dinâmica da regeneração natural se deu de forma diferenciada devido a heterogeneidade espacial e temporal dos fatores bióticos e abióticos que afetam os processos ecológicos. O mesmo autor afirma, que os padrões de sucessão não podem ser generalizados, pois resultam da combinação de vários fatores.

Apesar do fragmento de Mata Secundária ser utilizado como referência pela proximidade com o reflorestamento, em 2000 os resultados já apontavam que o reflorestamento recebia propágulos de outros fragmentos de distâncias maiores, fato novamente verificado pela baixa similaridade entre as áreas. ENGEL & PARROTA (2008) chamam a atenção ao cuidado que se deve tomar ao avaliar um projeto de restauração baseando-se em um “ecossistema – alvo”, uma vez que, estes são dinâmicos e mudam a estrutura e função em resposta a mudanças ambientais.



**Figura 7.** Dendrogramas de similaridade florística entre os três terços do reflorestamento e o fragmento de Mata Secundária. TI: Terço Inferior; TM: Terço Médio; TS: Terço Superior e MS: Mata Secundária, (A) Indivíduos Adultos, (B) Indivíduos da Regeneração e (C) Indivíduos Adultos e da Regeneração.

### 3.1.4 Avaliação da dinâmica da vegetação

Com o objetivo de realizar a avaliação do processo de restauração, comparou-se os dados aqui obtidos com os dados do levantamento realizado no ano de 2000, embora os critérios de inclusão de indivíduos nos processos de amostragem foram distintos.

Na ocasião do levantamento realizado por CHADA (2001) não havia indivíduos adultos ( $DAP \geq 5$  cm) nas parcelas implantadas no reflorestamento, exceto os indivíduos que foram plantados em 1992-93. Desta forma, no reflorestamento amostraram-se todos os indivíduos presentes no estrato regenerativo (altura maior que 40 cm), independente do hábito de vida (herbáceas, arbustivas e arbóreas). Por outro lado, na parcela de Mata Secundária, avaliada com o objetivo de verificar sua função como fonte de propágulos para o reflorestamento, apenas os indivíduos adultos ( $DAP \geq 5$  cm) foram amostrados. No presente levantamento, em função das diferenças surgidas nos últimos 10 anos, para o reflorestamento foram amostrados os indivíduos adultos ( $DAP \geq 5$  cm) remanescentes do plantio, os indivíduos adultos ( $DAP \geq 5$  cm) oriundos da regeneração natural, bem como, os indivíduos do estrato regenerativo (altura maior que 40 cm) desconsiderando os indivíduos de hábito herbáceo. Para área de Mata Secundária foram amostrados os indivíduos adultos e os indivíduos do estrato regenerativo, conforme realizado para o reflorestamento.

Observou-se aumento no número de famílias, no número de espécies, no número de indivíduos em todas as áreas avaliadas em relação ao ano de 2000 (Tabela 3). Vale notar que a densidade total aumentou mesmo não considerando os indivíduos herbáceos. Os resultados apresentados mostram que a utilização de espécies de leguminosas arbóreas neste programa de reflorestamento possibilitou o estabelecimento de novas espécies e o incremento no número de indivíduos, representando a instalação de um sistema de maior complexidade.

LIEBSCH et al. (2007) avaliaram comunidades vegetais em uma cronosequência (20, 80 e 120 anos) na Reserva Natural do Rio Cachoeira, Paraná e verificaram que as diferenças florísticas e estruturais nem sempre ocorrem de maneira gradativa. Os menores valores de riqueza, diversidade, área basal e volume foram encontrados na área de 20 anos, enquanto que o sítio com 80 anos apresentou os maiores valores de densidade e riqueza quando comparado com o de 120 anos. Estas variações indicam a complexidade dos processos sucessionais de regeneração natural de florestas tropicais.

**Tabela 3.** Área amostrada, Número de indivíduos, Número de famílias, Número de espécies, Índice de Shannon, Índice de Pielou e Densidade total de indivíduos/ ha, referentes aos levantamentos realizados em 2000 e 2010 para os Terços Inferior (TI), Médio (TM) e Superior (TS) do reflorestamento e, para o fragmento de Mata Secundária (MS) no condomínio Portugal, Angra dos Reis – RJ.

Parâmetros\ Ano	TInferior		TMédio		TSuperior		MS	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000*	2010
Área amostrada (m <sup>2</sup> )	800		800		800		800	
Nº de indivíduos (Total)	351	377	223	425	125	370	52	424
Nº de indivíduos (Adultos <sup>3</sup> )	0	83	0	82	0	65	52	53
Nº de indivíduos (Regeneração)	351	294	223	343	125	305	-	371
Nº de famílias (Total)	22	27	19	21	16	19	13	26
Nº de famílias (Adultos)	0	10	0	14	0	13	13	13
Nº de famílias (Regeneração)	22	25	19	17	16	14	-	24
Nº de espécies (Total)	32	36	32	33	24	27	16	34
Nº de espécies (Adultos)	0	10	0	19	0	15	16	15
Nº de espécies (Regeneração)	20	33	20	25	18	21	22	30
Índice de Shannon	1,90	1,8	2,53	2,34	2,59	2,45	2,17	2,62
Equabilidade de Pielou	0,54	0,50	0,73	0,67	0,81	0,74	0,78	0,74
Área basal da vegetação adulta (m <sup>2</sup> . ha <sup>-1</sup> )	0	10,08	0	7,31	0	6,64	-	31,05
Densidade total (ind.ha <sup>-1</sup> )	4387,5	4712,5	2787,5	5312,5	1562,5	4625	650	5300

\*Avaliação considerando indivíduos com DAP maior ou igual a 5 cm.

### 3.1.5 Análise fitossociológica e estrutural da vegetação

#### 3.1.5.1 Avaliação da vegetação adulta

De maneira geral, a espécie *Guarea guidonia* foi a espécie com maior valor de Importância da vegetação adulta amostrada. As espécies *Nectandra membranacea*, *Alchornea triplinervia* também apresentaram altos valores de importância nos três terços do reflorestamento (Figuras 8, 9 e 10).

No Terço Inferior do reflorestamento foram encontradas 10 espécies pertencentes à vegetação adulta. A espécie que possuiu o maior valor de importância foi a *Guarea guidonia*, apresentando a maior densidade relativa. A espécie *Nectandra membranacea* apresentou o segundo maior valor de importância e o maior valor de dominância relativa. No Terço Inferior

<sup>3</sup> São considerados adultos os indivíduos com DAP  $\geq$  5 cm

observou-se uma baixa diversidade de espécies e isso pode ser explicado pela predominância das espécies *Guarea guidonia*, *Nectandra membranacea* e *Alchornea triplinervia* que juntas somaram 234,19 do total possível de 300 do valor de importância. Quando observado apenas a densidade relativa, as três espécies juntas representam 87,95% dos indivíduos presentes no Terço Inferior do reflorestamento.

Dentre as espécies presentes no ano 2010, *Guarea guidonia*, *Nectandra membranacea* e *Erythroxylum pulchrum* foram registradas na regeneração natural no ano 2000. Além destas espécies os gêneros *Terminalia*, *Triplaris* e *Miconia*, que na época não foi possível determinar a espécie e que possivelmente se referem as espécies presentes no reflorestamento em 2010.

No Terço Médio da encosta reflorestada foram encontradas 19 espécies. As três espécies com os maiores valores de importância foram as mesmas espécies do Terço Inferior, no entanto, neste terço, a espécie *Guarea guidonia* predominou sobre as outras espécies onde o VI foi de 80,7, quase o dobro de *Nectandra membranacea* segunda espécie em ordem de VI.

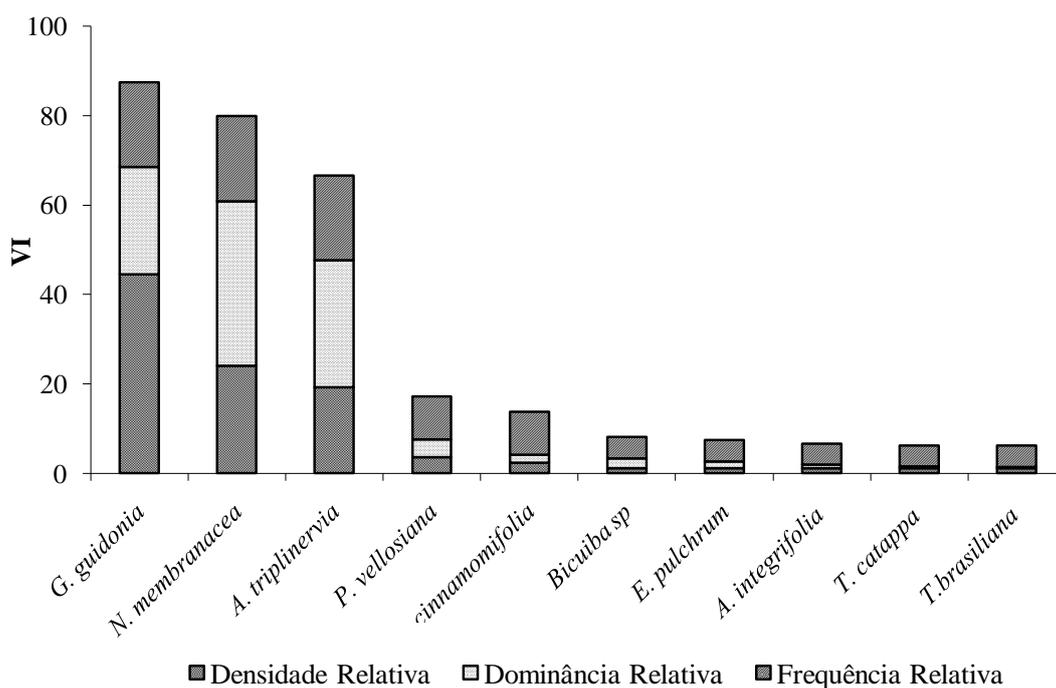
Ao se avaliar a composição florística dos indivíduos adultos em comparação com o levantamento da regeneração realizado por CHADA (2001), das 19 espécies encontradas em 2010, quatro espécies estavam presentes em 2000: *Guarea guidonia*, *Nectandra membranacea*, *Erythroxylum pulchrum* e *Casearia silvestris* além dos gêneros *Cecropia*, *Miconia* e *Vernonia*.

No Terço Superior da encosta reflorestada foram encontrados 15 espécies, onde *Alchornea triplinervia* apresentou maior valor de importância, seguida das espécies *Guarea guidonia*, *Syzygium cumini*, *Nectandra membranacea* e *Miconia prasina*. Das espécies presentes em 2010, quatro estavam presentes no estrato regenerativo realizado em 2000: *Guarea guidonia*, *Nectandra membranacea*, *Pera glabrata* e *Ficus insipida* além dos gêneros *Cecropia* e *Miconia*.

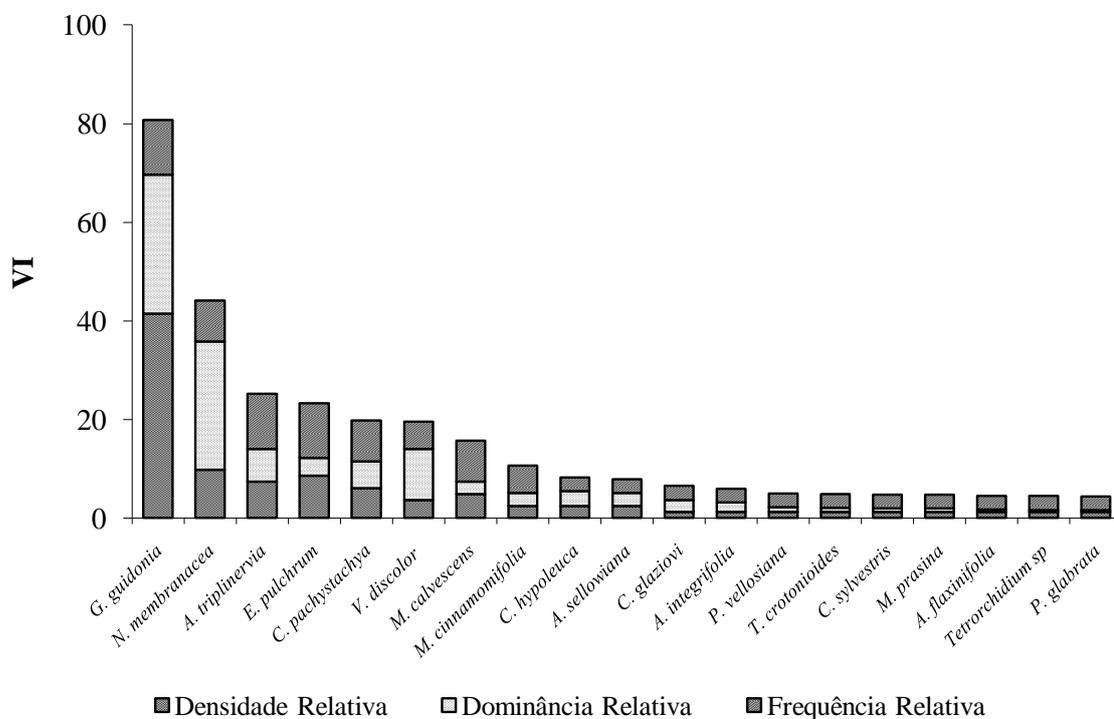
Na Mata Secundária foram encontradas 15 espécies e novamente *Guarea guidonia* apresentou maior valor de importância. *Pisonia tomentosa* apresentou o segundo maior valor de importância. Para esta espécie, o elevado valor de importância foi explicado principalmente pela densidade e pela frequência. Por outro lado, a dominância explicou o fato de a espécie *Ficus insipida* com apenas dois indivíduos na parcela ter apresentado o terceiro maior valor de importância (Figura 11).

Alto valor de cobertura (densidade somada à dominância) apresentado pelas espécies do gênero *Ficus* é um fato recorrente em florestas secundárias na Floresta Atlântica (SVORC & OLIVEIRA, 2011). De acordo com estes autores, estas árvores são portadoras de forte simbolismo e por motivos culturais são frequentemente poupadas, pelas populações tradicionais, nas derrubadas. Desta forma observa-se a presença de indivíduos de *Ficus* de grande porte em comparação com árvores de outros gêneros presentes na mesma comunidade, indicando que estas áreas foram desmatadas e que os indivíduos de *Ficus* foram preservados. Estes mesmos autores relatam a importância das figueiras como fonte de recursos para a fauna, constituindo dessa forma uma espécie-chave para o ecossistema.

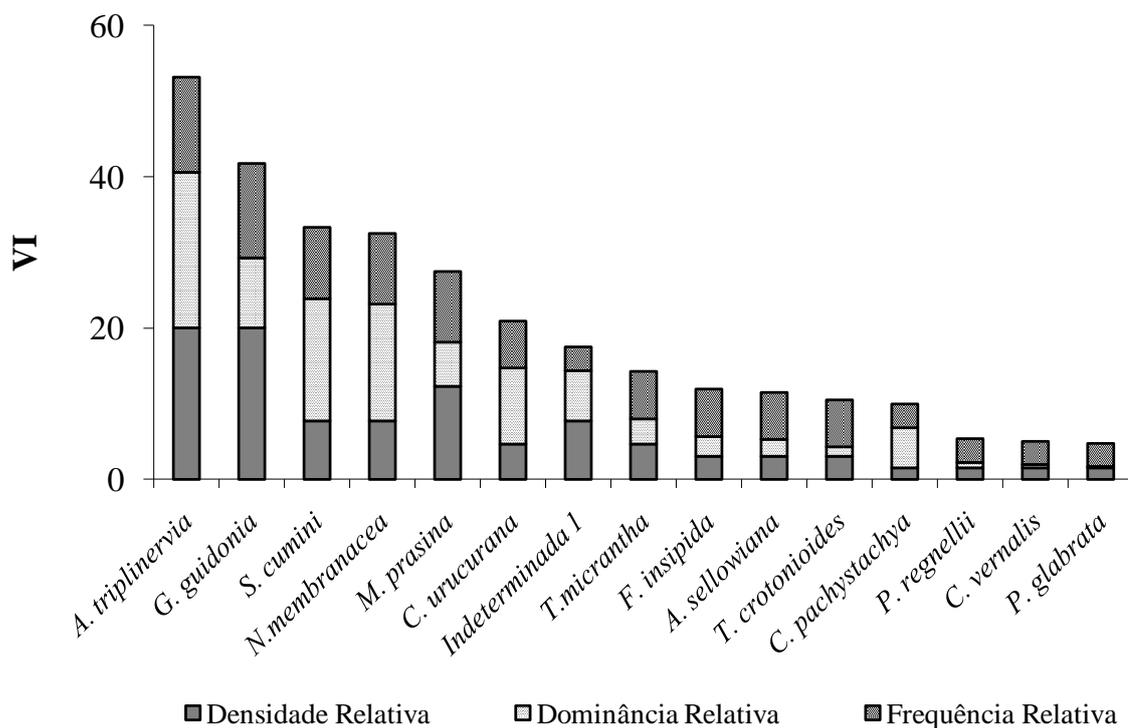
No presente levantamento o Terço Inferior apresentou menores valores para os índices de Shannon e de Pielou que foram de 1,49 e 0,65, respectivamente. Para o Terço Médio foram de 2,18 e 0,74, para o Terço Superior foram de 2,35 e 0,87 e para a Mata Secundária foram de 2,22 e 0,82. Elevados valores de importância para a espécie *Guarea guidonia* também foram observados por CHADA (2001) em levantamento da regeneração nestas parcelas. Segundo esta autora, a elevada densidade desta espécie resultou em uma redução da equitabilidade e do índice de Shannon, com efeito, mais intenso no Terço Inferior. A predominância desta espécie pode prejudicar o processo sucessional e impedir o desenvolvimento de novas espécies comprometendo a diversidade do reflorestamento.



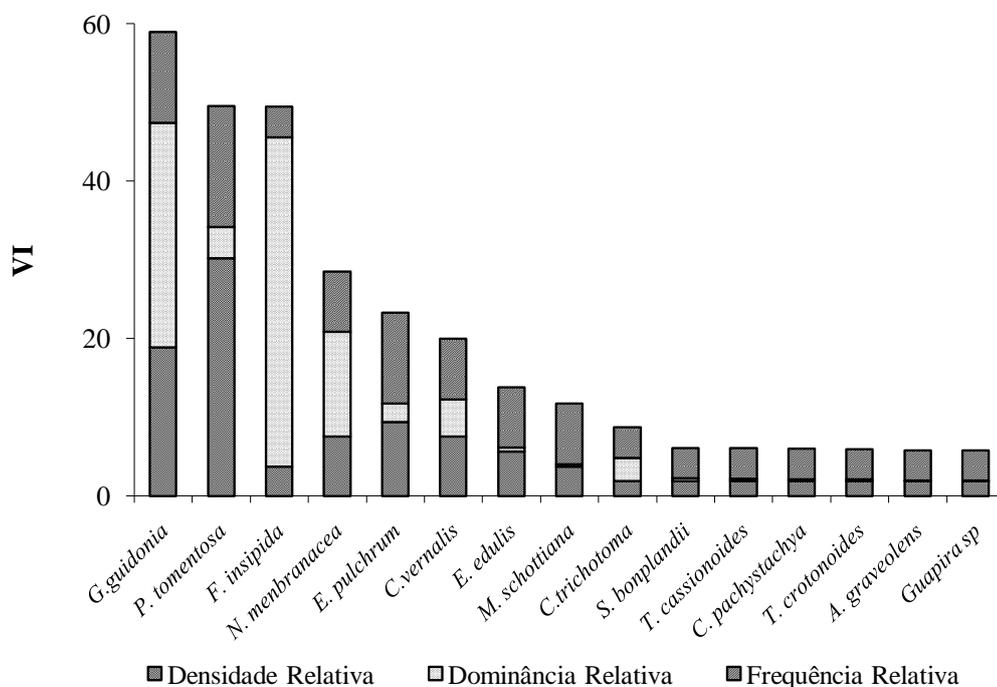
**Figura 8.** Valor de importância (VI), Densidade Relativa, Dominância Relativa e Frequência Relativa, para as diferentes espécies adultas encontradas no Terço Inferior do reflorestamento.



**Figura 9.** Valor de importância (VI), Densidade Relativa, Dominância Relativa e Frequência Relativa para as diferentes espécies adultas encontradas no Terço Médio do reflorestamento.

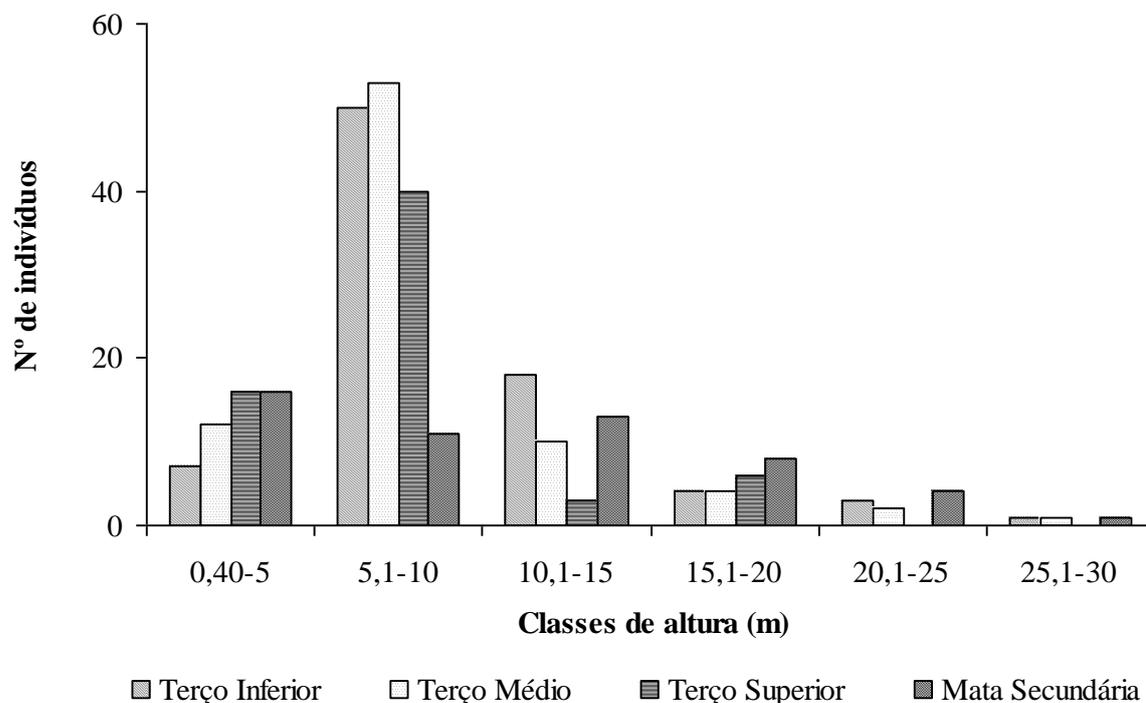


**Figura 10.** Valor de importância (VI), Densidade Relativa, Dominância Relativa e Frequência Relativa para as diferentes espécies adultas encontradas no Terço Superior do reflorestamento.



**Figura 11.** Valor de importância (VI), Densidade Relativa, Dominância Relativa e Frequência Relativa para as diferentes espécies adultas encontradas na Mata Secundária.

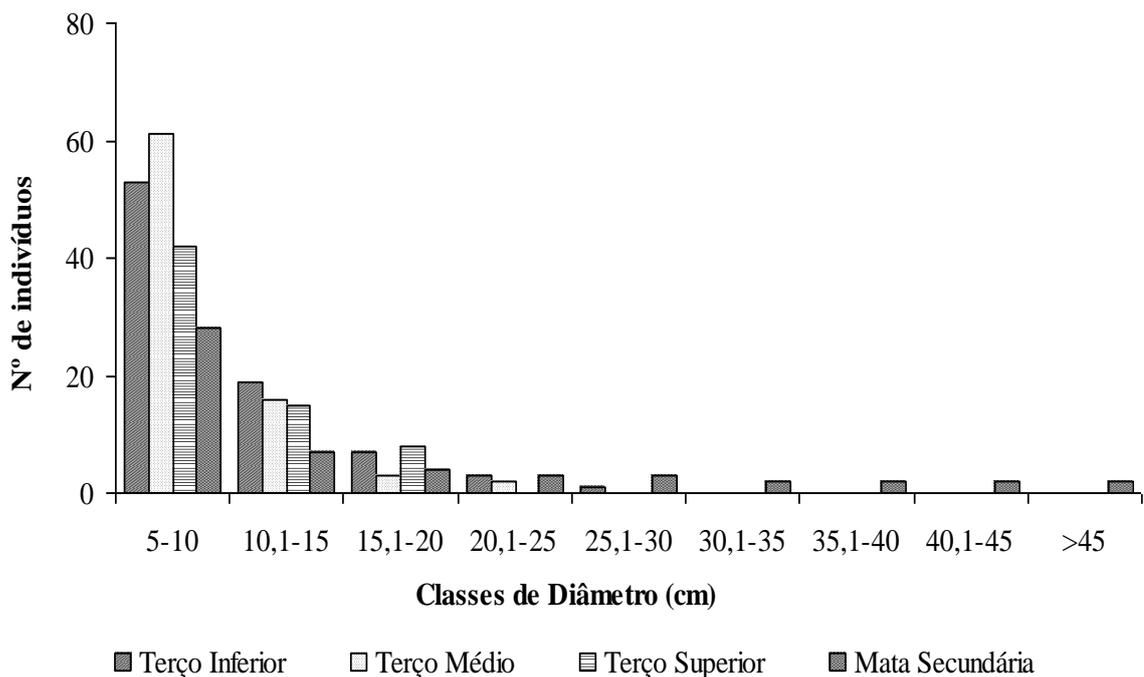
Ao estratificar a vegetação adulta por classes de altura observou-se uma maior concentração de indivíduos na Classe II (5,1 a 10 m) para os três terços do reflorestamento, sendo que para o Terço Superior não foram encontrados indivíduos com altura superior a 20 metros. Para a Mata Secundária observou-se um maior número de indivíduos nas Classes I (0,40 a 5 m) e III (10,1-15 m) (Figura 12).



**Figura 12.** Distribuição dos indivíduos da vegetação adulta em classes de altura.

A estratificação dos indivíduos por distribuição da vegetação adulta em classes de diâmetro mostrou a maior concentração dos indivíduos nas classes de menor diâmetro para todas as parcelas avaliadas (Figura 13). Quando a passagem de indivíduos de uma classe diamétrica para outra de diâmetros maiores é contínua esse comportamento, conhecido como “J” invertido indica que as comunidades se auto-regeneram. Dessa forma verificou-se uma série completa de diâmetros nas áreas do reflorestamento mostrando-se um bom indicativo da evolução do fragmento, onde a ausência nas classes de maior diâmetro deve-se pela pouca idade do reflorestamento. Os indivíduos da Mata Secundária, apesar do menor número de indivíduos estiveram presentes em todas as classes de diâmetro (Figura 13).

A vegetação dos Terços Médio e Superior do reflorestamento apresentou diâmetro máximo, na classe IV entre 20,1 e 25 cm de diâmetro. No Terço Inferior foi encontrado um indivíduo pertencente a classe V de diâmetro. Os valores de área basal foram  $10,087 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $7,316 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  e  $6,646 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  nos terços Inferior, Médio e Superior, respectivamente. A média para o fragmento foi de  $8,016 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , valor acima do encontrado por PESSOA & OLIVEIRA (2005) utilizando mesmo critério de inclusão ( $\text{DAP} \geq 5 \text{ cm}$ ) em um fragmento florestal de 1,35 ha com área basal de  $5,38 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  na Reserva Biológica Poço das Antas, RJ e, abaixo do encontrado no mesmo estudo em um fragmento de 6,65 ha com área basal de  $13,29 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Na Mata Secundária a área basal foi de  $31,056 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Estes valor foi superior ao encontrado em um fragmento de 9,34 ha na Reserva Biológica Poço das Antas com área basal de  $20,07 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ .



**Figura 13.** Distribuição dos indivíduos da vegetação adulta em classes de diâmetro a altura do peito (DAP).

### 3.1.5.2 Estrato Regenerativo

A diversidade avaliada pelos índices de Shannon e de Pielou foi mais alta na área de Mata Secundária em relação os terços do reflorestamento quando se considerou a comunidade vegetal presente no estrato regenerativo. Observaram-se valores de 2,54 e 0,74 para os índices de Shannon e Pielou na área de Mata, respectivamente. Entre os terços do reflorestamento os índices foram mais altos para o Terço Superior (2,22 e 0,72) seguido pelo Terço Médio (2,2 e 0,68) e Terço Inferior (1,69 e 0,48). Tanto no levantamento realizado em 2000 (CHADA, 2001) quanto no presente, o Terço Inferior apresentou menor índice de Shannon, entretanto neste Terço foram observados maiores valores de riqueza de espécies e, a menor diversidade foi resultado da elevada dominância da espécie *Guarea guidonia*.

Foram encontrados 294 indivíduos pertencentes ao estrato regenerativo no Terço Inferior do reflorestamento. Em relação ao valor obtido para a Regeneração Natural Total (RNT), *Guarea guidonia* apresenta dominância em relação às outras espécies perfazendo 40% (Tabela 4). Diversos fatores podem estar contribuindo para predominância desta espécie entre eles a maior fonte de sementes, já que esta espécie possui o maior número de indivíduos adultos (37) presentes nesse terço do reflorestamento. Além disso, de acordo com LORENZI (2008), os frutos de *Guarea guidonia* são muito procurados pela fauna que contribui para sua disseminação. CAMPOS & LANDGRAF (2001) avaliaram a regeneração natural em matas ciliares com diferentes distâncias da margem do lago de Furnas em Minas Gerais, onde a maior densidade foi apresentada pela espécie *Guarea guidonia* independente da distância da margem do lago. CARVALHO & NASCIMENTO (2009) avaliaram a estrutura diamétrica arbórea de um remanescente de Floresta Atlântica Submontana no Município de Silva Jardim-RJ e registraram *Guarea guidonia* como espécie predominante, com valor de importância de 42,83.

Das 33 espécies amostradas, apenas quatro ocorreram nas três classes de regeneração por classe de altura: *Guarea guidonia*, *Alchornea triplinervia*, *Cupania vernalis* e *Piper arboreum*. A presença de uma espécie nas três classes de regeneração é um bom indicativo de que essa espécie possivelmente se mantenha na floresta (VOLPATO, 1994). As espécies *Trichilia lepidota*, *Psychotria velloziana*, *Psychotria* sp, *Astronium graveolens*, *Myrcia splendens* e Indeterminada 3 estão presentes apenas na classe três de regeneração, indicando não estar havendo recrutamento destas espécies. Por outro lado, as espécies *Eugenia uniflora*, *Piper anisum*, *Pisonia tometosa*, Indeterminada 4 *Myrtaceae*, *Terminalia catappa*, *Sorocea bonplandii*, *Cecropia pachystachia*, *Miconia prasina*, *Solanum* sp, Indeterminada 5, *Xylopia brasiliensis* e *Vernonia discolor* estão presentes apenas na classe um do estrato regenerativo indicando que novas espécies estão regenerando na área.

Ao se comparar os dados da vegetação adulta em relação ao estrato regenerativo observou-se aumento de 25 novas espécies no estrato regenerativo, contribuindo para este Terço do reflorestamento ser o mais rico em número de espécies mesmo comparado a Mata Secundária. Isso sinaliza um possível incremento de diversidade no futuro e um potencial aumento nos índices de Shannon e Pielou que foram os menores nesta área, tanto para a vegetação adulta como para o estrato regenerativo. Das 10 espécies encontradas na vegetação adulta, sete estão presentes no estrato regenerativo. *Bicuiba* sp, *Artocarpus integrifolia* e *Triplaris brasiliensis* presentes na vegetação adulta, não foram encontradas nas classes de regeneração natural e provavelmente sairão do sistema. Isso pode estar ocorrendo pelo fato desses indivíduos não terem atingido idade para a produção de sementes ou estas espécies poderiam não estar encontrando condições ambientais ideais para sua germinação. Segundo HIGUCHI et al. (2006) no processo de regeneração natural o ingresso de novas espécies durante determinado ano pode ocorrer ou não devido, dentre outros, à produção irregular de frutos, presença de predadores e/ou condições ambientais que interferem na germinação das sementes.

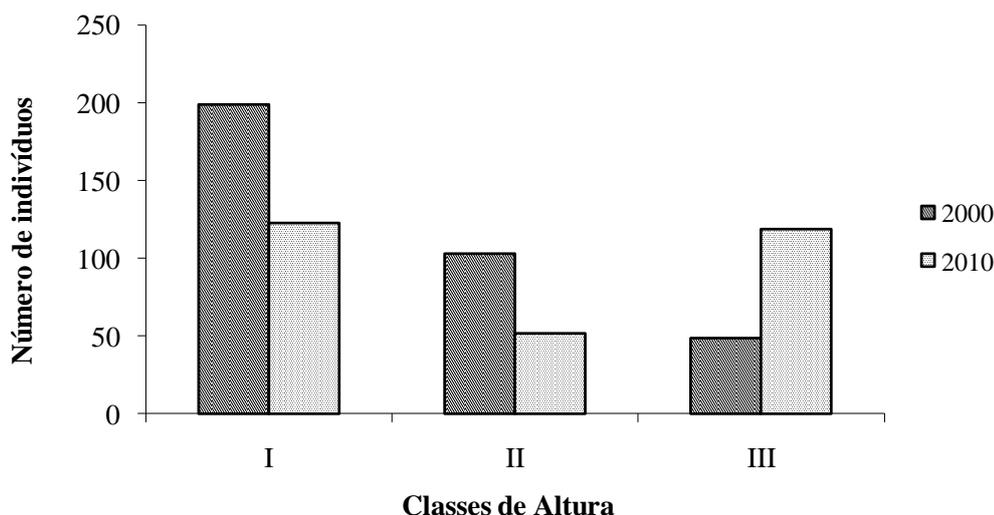
Na avaliação realizada em 2000, não foi observado nenhum indivíduo das espécies plantadas regenerando na área, enquanto que nesta avaliação verificou-se a presença de dois indivíduos da espécie *Pseudosamanea guachapele* na regeneração natural. Na primeira avaliação CHADA (2001) registou um grande número de *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* presentes no banco de sementes do solo e sugeriu que estas espécies participariam da cicatrização de clareias em caso de distúrbios, o que não foi confirmado neste estudo.

**Tabela 4.** Regeneração natural por classe de altura e Regeneração Natural Total (RNT) das espécies presentes no Terço Inferior do reflorestamento.

Espécies	Regeneração Natural (%)				Vegetação Adulta
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Total	
<i>Guarea guidonia</i>	14,40	7,75	17,85	40,0	Presente
<i>Piper mollicomum</i>	5,00	1,90	0	6,90	Ausente
<i>Alchornea triplinervia</i>	1,56	1,10	3,30	5,96	Presente
<i>Cupania vernalis</i>	0,79	2,34	1,73	4,86	Ausente
<i>Piper arboreum</i>	0,79	2,51	0,79	4,09	Ausente
<i>Nectandra membranacea</i>	0	0,79	2,51	3,30	Presente
<i>Eythroxylum pulchrum</i>	1,73	0	1,56	3,29	Presente
<i>Eugenia uniflora</i>	2,68	0	0	2,68	Ausente
<i>Piper anisum</i>	2,68	0	0	2,68	Ausente
<i>Casearia sylvestris</i>	0,00	0,79	1,56	2,37	Ausente
<i>Trigonia crotonioides</i>	0	0,79	1,46	2,25	Ausente
<i>Myrsine ferruginea</i>	0,95	0	0,79	1,74	Ausente
Indeterminada 2	1,73	0,00	0,00	1,73	Ausente
<i>Pseudosamanea gachapele</i>	0	0,79	0,79	1,58	Ausente
<i>Pera glabrata</i>	0,79	0,79	0	1,58	Ausente
<i>Terminalia cattapa</i>	1,58	0	0	1,58	Presente
<i>Vernonia discolor</i>	0,95	0	0	0,95	Ausente
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	0	0,79	0	0,79	Presente
<i>Miconia calvescens</i>	0	0,79	0	0,79	Ausente
<i>Trichilia lepidota</i>	0	0	0,79	0,79	Ausente
<i>Psychotria velloziana</i>	0,00	0,00	0,79	0,79	Presente
<i>Psychotria sp</i>	0,00	0,00	0,79	0,79	Ausente
<i>Astronium graveolens</i>	0,00	0,00	0,79	0,79	Ausente
<i>Myrcia splendens</i>	0,00	0,00	0,79	0,79	Ausente
Indeterminada 3 <i>Solanaceae</i>	0,00	0,00	0,79	0,79	Ausente
<i>Pisonia tometosa</i>	0,79	0,00	0,00	0,79	Ausente
<i>Solanum sp</i>	0,79	0,00	0,00	0,79	Ausente
Indeterminada 4 <i>Myrtaceae</i>	0,79	0,00	0,00	0,79	Ausente
<i>Sorocea bonplandii</i>	0,79	0,00	0,00	0,79	Ausente
<i>Cecropia pachystachia</i>	0,79	0,00	0,00	0,79	Ausente
<i>Miconia prasina</i>	0,79	0,00	0,00	0,79	Ausente
Indeterminada 5	0,79	0,00	0,00	0,79	Ausente
<i>Xylopia brasiliensis</i>	0,79	0,00	0,00	0,79	Ausente
<i>Bicuiba sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Artocarpus integrifolia</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Triplaris brasiliana</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente

Classe 1: 0,40 a 1,40 m; Classe 2: 1,41 a 2,40 m; Classe 3: >2,41 m e < 5 cm DAP.

A distribuição dos indivíduos em relação as classe de altura no Terço Inferior mostrou concentração de indivíduos na classe I para os levantamentos dos anos de 2000 e 2010. Observou-se pelo gráfico uma migração dos indivíduos para a classe III em 2010. Em todas as classes de tamanho o maior número de indivíduos presentes pertence à espécie *Guarea guidonia*, seguida de *Piper mollicomum* na classe I, *Piper arboreum* na classe II e *Alchornea triplinervia* na classe III (Figura 14).



**Figura 14.** Número de indivíduos observados no estrato regenerativo na parcela implantada no Terço Inferior do reflorestamento distribuídos, por classe de altura de planta. Classe I: 0,40-1,40 m; Classe II: 1,41-2,40 m e Classe III: >2,40 m e < 5 cm DAP.

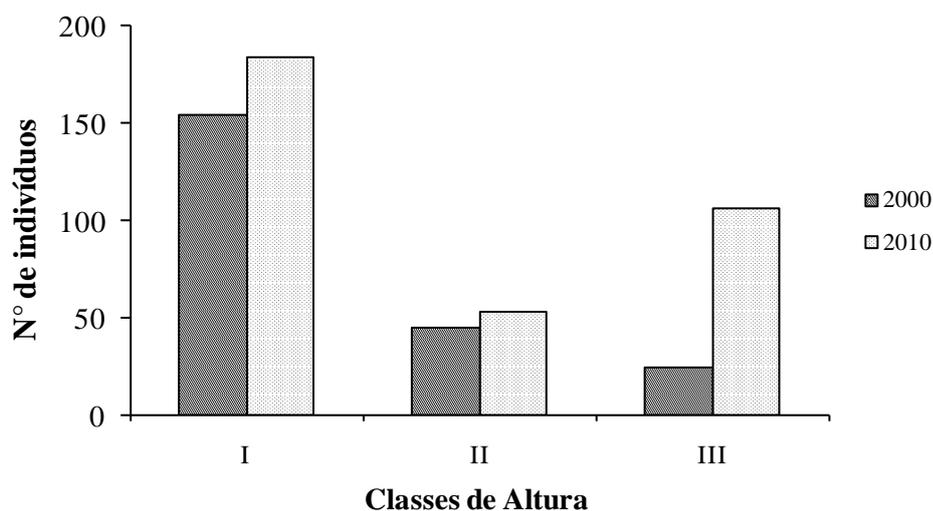
No Terço Médio houve aumento no número de indivíduos em relação ao encontrado em 2000. Em 2010 foram encontrados 343 indivíduos, enquanto que no ano 2000 foram encontrados 223 indivíduos. A espécie com maior regeneração natural total foi *Guarea guidonia*, seguida de *Piper mollicomum* e *Miconia prasina* (Tabela 5). Das 24 espécies observadas no estrato regenerativo, oito estiveram presentes em todas as classes de regeneração natural: *Guarea guidonia*, *Piper mollicomum*, *Miconia calvescens*, *Trigonia crotonioides*, *Miconia prasina*, *Piper arboreum*, *Alchornea triplinervia*, *Pera glabrata* e *Cecropia pachystachia*. Entretanto as espécies *Vernonia discolor*, *Cordia hypoleuca*, *Aegiphila sellowiana*, *Cecropia glaziovii*, *Artocarpus integrifolia*, *Psychotria vellosiana*, *Casearia sylvestris* e *Tetrorchidium* sp foram encontradas na vegetação adulta, mas não estão presentes em nenhuma das classes do estrato regenerativo e provavelmente sairão do sistema.

**Tabela 5.** Regeneração natural por classe de altura e Regeneração Natural Total (RNT) das espécies presentes no Terço Médio do reflorestamento.

Espécies	Regeneração Natural (%)				Vegetação Adulta
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Total	
<i>Guarea guidonia</i>	7,69	4,77	12,06	24,51	Presente
<i>Piper mollicomum</i>	10,31	2,67	0,79	13,77	Ausente
<i>Miconia prasina</i>	4,92	1,08	1,29	7,29	Presente
<i>Miconia calvescens</i>	2,81	2,23	1,94	6,98	Presente
<i>Trigonia crotonioides</i>	3,60	1,94	1,29	6,83	Presente
<i>Piper anisum</i>	3,54	0,00	2,08	5,62	Ausente
<i>Piper arboreum</i>	2,67	1,58	0,65	4,90	Ausente
<i>Eythroxylum pulchrum</i>	1,94	0,00	2,23	4,17	Presente
<i>Alchornea triplinervia</i>	1,58	0,79	1,73	4,10	Presente
<i>Pera glabrata</i>	0,65	1,94	0,79	3,37	Presente
<i>Nectandra membranacea</i>	0,00	0,00	3,02	3,02	Presente
<i>Eugenia uniflora</i>	2,08	0,00	0,00	2,08	Ausente
<i>Cecropia pachystachia</i>	0,65	0,65	0,65	1,94	Presente
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	1,29	0,65	0,00	1,94	Presente
<i>Myrsine ferruginea</i>	1,73	0,00	0,00	1,73	Ausente
<i>Syzigium jambos</i>	0,00	0,65	0,65	1,29	Ausente
<i>Sparattosperma leucanthum</i>	0,00	1,29	0,00	1,29	Ausente
Indeterminada 6	0,65	0,00	0,00	0,65	Ausente
<i>Ficus insipida</i>	0,00	0,00	0,65	0,65	Ausente
<i>Andira fraxinifolia</i>	0,00	0,00	0,65	0,65	Presente
<i>Sorocea bonplandii</i>	0,65	0,00	0,00	0,65	Ausente
Indeterminada 7	0,65	0,00	0,00	0,65	Ausente
<i>Tibouchina pulchra</i>	0,65	0,00	0,00	0,65	Ausente
Indeterminada 5	0,65	0,00	0,00	0,65	Ausente
<i>Xylopiya brasiliensis</i>	0,65	0,00	0,00	0,65	Ausente
<i>Vernonia discolor</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Cordia hypoleuca</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Aegiphila sellowiana</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Cecropia glaziovii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Artocarpus integrifolia</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Psychotria vellosiana</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Casearia sylvestris</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Tetrorchidium sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente

Classe 1: 0,40 a 1,40 m; Classe 2: 1,41 a 2,40 m; Classe 3: >2,41 m e < 5 cm DAP.

A distribuição do número de indivíduos por classe de altura para o Terço Médio mostrou uma concentração de indivíduos na classe I nos anos avaliados e um aumento no número de indivíduos em todas as classes de altura no ano de 2010 em comparação com o ano 2000. Em comparação com 2000, assim como no Terço Inferior, verifica-se uma migração dos indivíduos para a classe III (Figura 15).



**Figura 15.** Número de indivíduos observados no estrato regenerativo na parcela implantada no Terço Médio do reflorestamento distribuídos, por classe de altura de planta. Classe I: 0,40-1,40 m; Classe II: 1,41-2,40 m e Classe III: >2,40 m e < 5 cm DAP.

Em 2010 foram encontrados 305 indivíduos presentes na parcela permanente do Terço Superior do reflorestamento, 180 indivíduos a mais do que encontrado no ano 2000. A espécie *Piper mollicomum* apresentou o maior valor de RNT seguida de *Miconia prasina* e *Guarea guidonia* que juntas corresponderam a 50,51 da RNT (Tabela 6).

Das espécies registradas, nove estão presentes em todas as classes de regeneração natural, e provavelmente estarão presentes na vegetação adulta no futuro.

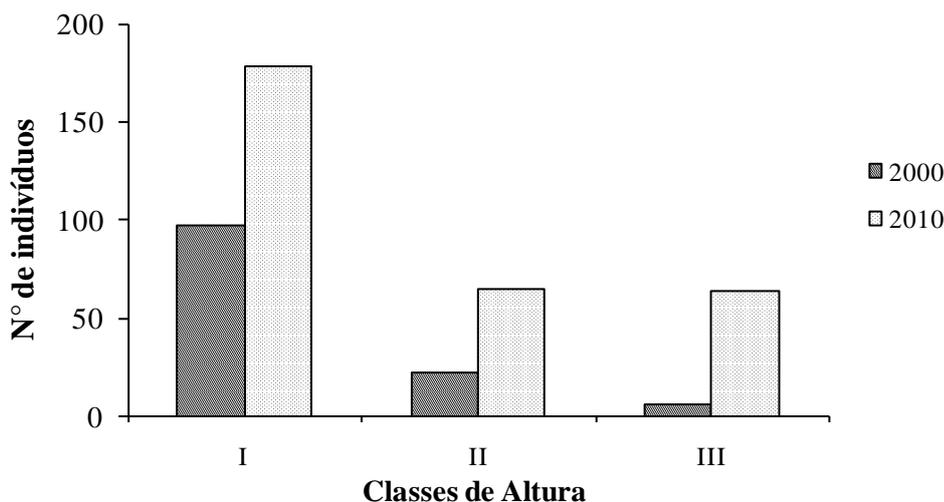
Das 15 espécies presentes na vegetação adulta, seis não estão regenerando na área *Syzygium cumini*, *Nectandra membranacea*, Indeterminada 1, *Trema micrantha*, *Aegiphila sellowiana* e *Platycomus regnellii*.

**Tabela 6.** Regeneração natural por classe de altura e Regeneração Natural Total (RNT) das espécies presentes no Terço Superior do reflorestamento.

Espécies	Regeneração Natural (%)			Total	Vegetação Adulta
	Classe 1	Classe 2	Classe 3		
<i>Piper mollicomum</i>	14,00	5,04	2,14	21,13	Ausente
<i>Miconia prasina</i>	6,38	4,36	4,53	15,28	Presente
<i>Guarea guidonia</i>	5,20	4,19	4,70	14,10	Presente
<i>Trigonia crotonioides</i>	2,43	2,47	3,69	8,60	Presente
<i>Alchornea triplinervia</i>	2,30	2,64	3,31	8,26	Presente
<i>Piper arboreum</i>	2,94	2,14	1,42	6,50	Ausente
<i>Miconia calvescens</i>	1,76	1,76	0,71	4,23	Ausente
<i>Myrsine ferruginea</i>	1,76	0,71	0,88	3,35	Ausente
<i>Piper anisum</i>	3,11	0,00	0,00	3,11	Ausente
<i>Pera glabrata</i>	1,59	0,71	0,71	3,02	Presente
<i>Cecropia pachystachia</i>	0,71	0,00	1,42	2,14	Presente
<i>Eugenia uniflora</i>	0,88	0,71	0,00	1,59	Ausente
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	0,71	0,00	0,88	1,59	Ausente
<i>Sparattosperma leucanthum</i>	0,00	0,71	0,71	1,42	Ausente
<i>Solanum sp</i>	0,00	0,00	1,42	1,42	Ausente
Indeterminada 3 <i>Solanaceae</i>	0,71	0,00	0,00	0,71	Ausente
<i>Ficus insipida</i>	0,00	0,00	0,71	0,71	Presente
<i>Croton urucurana</i>	0,71	0,00	0,00	0,71	Presente
<i>Cupania vernalis</i>	0,71	0,00	0,00	0,71	Presente
Indeterminada 8	0,71	0,00	0,00	0,71	Ausente
<i>Eythroxylum pulchrum</i>	0,71	0,00	0,00	0,71	Ausente
<i>Syzygium cumini</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Nectandra membranacea</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
Indeterminada 1	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Trema micrantha</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Aegiphila sellowiana</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Platycyamus regnellii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente

Classe 1: 0,40 a 1,40 m; Classe 2: 1,41 a 2,40 m; Classe 3: >2,41 m e < 5 cm DAP.

Na estratificação dos indivíduos por classe de altura foi possível observar o maior número de indivíduos na classe I, tanto para o levantamento realizado em 2000 (CHADA, 2001) quanto para o levantamento realizado em 2010. Observou-se que houve um aumento no número de indivíduos em todas as classes de altura no ano de 2010 (Figura 16). Nas Classes I e II, *Piper mollicomum* foi a espécie com maior número de indivíduos, com 70 e 17 indivíduos, respectivamente e, na Classe III a espécie *Guarea guidonia*, com 15 indivíduos, foi a espécie com o maior número de indivíduos.



**Figura 16.** Número de indivíduos observados no estrato regenerativo na parcela implantada no Terço Superior do reflorestamento, distribuídos por classe de altura de planta. Classe I: 0,40-1,40 m; Classe II: 1,41-2,40 m e Classe III: >2,40 m e < 5 cm DAP.

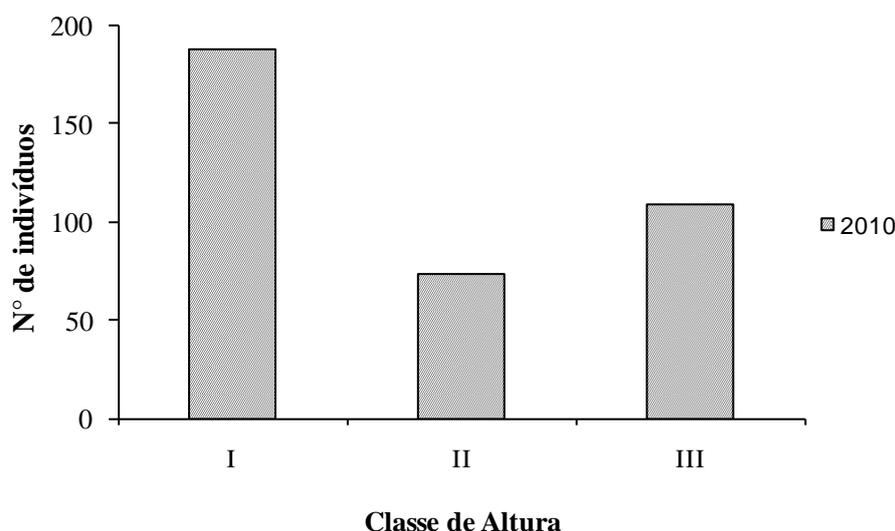
No fragmento de Mata Secundária foram encontrados 372 indivíduos em 2010. *Cupania vernalis*, Indeterminada 5 e *Pisonia tomentosa* apresentaram os maiores percentuais de RNT. Das 30 espécies presentes no estrato regenerativo apenas 10 estão presentes nas três classes de regeneração (Tabela 7). Das 15 espécies pertencentes a vegetação adulta apenas *Cordia trichotoma*, *Sorocea bonplandii*, *Cecropia pachystachia* e *Guapira sp* não apresentam indivíduos jovens acima de 0,40 m de altura.

**Tabela 7.** Regeneração natural das espécies presentes ao estrato regenerativo no fragmento de Mata Secundária por classe de altura e estimativa da regeneração natural total (RNT).

Espécies	Regeneração Natural (%)				Vegetação Adulta
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Total	
<i>Cupania vernalis</i>	5,54	3,48	4,56	13,59	Presente
Indeterminada 5	7,03	3,79	1,56	12,38	Ausente
<i>Pisonia tomentosa</i>	4,06	2,98	4,73	11,78	Presente
<i>Mollinedia shottiana</i>	4,06	3,52	3,93	11,51	Presente
<i>Piper arboreum</i>	3,79	2,41	1,87	8,06	Ausente
<i>Erythroxylum pulchrum</i>	2,77	1,29	1,73	5,79	Presente
<i>Tabebuia cassinoides</i>	1,73	1,29	1,56	4,58	Presente
<i>Inga laurina</i>	4,02	0,71	1,56	6,29	Ausente
<i>Euterpe edulis</i>	1,83	1,15	0,58	3,56	Presente
<i>Trigonia crotonioides</i>	0,71	0,58	2,00	3,29	Presente
<i>Guarea guidonia</i>	1,25	0,00	1,42	2,68	Presente
<i>Nectandra membranaceae</i>	0,00	0,00	1,69	1,69	Presente
<i>Artocarpus integrifolia</i>	1,29	0,00	0,71	2,00	Ausente
<i>Astrocaryum aculeatum</i>	0,00	0,58	0,58	1,15	Ausente
Indeterminada 9	0,71	0,00	0,58	1,29	Ausente
Indeterminada 10	1,42	0,00	0,00	1,42	Ausente
<i>Myrsine ferruginea</i>	1,15	0,00	0,00	1,15	Ausente
<i>Dahlstedtia pinnata</i>	0,00	0,58	0,00	0,58	Ausente
<i>Piper anisum</i>	0,85	0,00	0,00	0,85	Ausente
<i>Astronium graveolens</i>	0,00	0,00	0,58	0,58	Presente
<i>Ficus insipida</i>	0,00	0,00	0,58	0,58	Presente
<i>Licania kunthiana</i>	0,00	0,00	0,58	0,58	Ausente
<i>Annonaceae</i>	0,00	0,00	0,58	0,58	Ausente
<i>Triplaris brasiliiana</i>	0,00	0,00	0,58	0,58	Ausente
<i>Miconia calvescens</i>	0,58	0,00	0,00	0,58	Ausente
<i>Pera glabrata</i>	0,58	0,00	0,00	0,58	Ausente
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	0,58	0,00	0,00	0,58	Ausente
<i>Citrus sp</i>	0,58	0,00	0,00	0,58	Ausente
Indeterminada 11	0,58	0,00	0,00	0,58	Ausente
Indeterminada 12 <i>Annonaceae</i>	0,58	0,00	0,00	0,58	Ausente
<i>Cordia trichotoma</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Sorocea bonplandii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Cecropia pachystachia</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente
<i>Guapira sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Presente

Classe 1: 0,40 a 1,40 m; Classe 2: 1,41 a 2,40 m; Classe 3: >2,41 m e < 5 cm DAP.

A estratificação dos indivíduos por classe de altura de planta na parcela de Mata Secundária apresentou, assim como nos três terços do reflorestamento, maior número de indivíduos na classe I e presença de indivíduos em todas as classes de altura (Figura 17). Estes resultados indicam que tanto no reflorestamento quanto na área de Mata Secundária está ocorrendo regeneração, em um processo contínuo de recrutamento e estabelecimento.



**Figura 17.** Número de indivíduos observados no estrato regenerativo na parcela implantada na Mata Secundária, distribuídos por classe de altura de planta. Classe I: 0,40-1,40 m; Classe II: 1,41-2,40 m e Classe III: >2,40 m e < 5 cm DAP.

De maneira geral, os três terços do reflorestamento apresentam espécies de diferentes estágios sucessionais que vão desde as pioneiras típicas como *Alchornea triplinervia* e *Cecropia pachystachia*, secundária *Astronium graveolens* e espécies clímax como *Xylopia brasiliensis* e *Euterpe edulis*. A última espécie não foi registrada dentro das parcelas avaliadas, mas foi observada no reflorestamento (observação pessoal).

Passados 17 anos do plantio verificou-se um elevado número de indivíduos de espécies pioneiras, tanto na vegetação adulta quanto no estrato regenerativo. Isto se deve provavelmente à freqüente formação de clareiras pela queda das espécies de leguminosas plantadas. A presença do elevado número de indivíduos de espécies da família Melastomataceae, que são frequentemente encontradas na colonização de clareiras (BAIDER, 1999), confirma esta observação (Anexo).

Quando a composição florística do reflorestamento foi comparada ao levantamento realizado por OLIVEIRA, 2002 na Ilha Grande, em formações florestais com 5, 25 e 50 anos de abandono após cultivo e uma área de floresta primária, verificou-se que das espécies comuns existentes nos dois estudos, a maior semelhança foi encontrada com a área de 25 anos. Entre as espécies comuns nestas áreas estão *Sparattosperma leucanthum*, *Pera glabrata* e *Ficus insipida*.

A avaliação da composição florística dos terços do reflorestamento em 2010 permitiu verificar que o plantio com espécies de leguminosas está desenvolvendo seu processo sucessional, proporcionando melhorias nas condições ambientais, que favoreceu o incremento de diversidade na área. Observou-se a troca de espécies ao longo dos anos, onde a vegetação

adulta do ano 2010 se apresentou diferente do estrato regenerativo de 2000 e de 2010, salvo para algumas espécies presentes em todas as avaliações como *Guarea guidonia* e *Nectandra membranacea*.

Contudo, pode-se observar que o plantio inicial foi fundamental para possibilitar a regeneração natural, uma vez que a área de Capinzal com pelo menos 40 anos de abandono, não apresentou sinais de regeneração e dificilmente, isso acontecerá apenas com o isolamento da área. A partir do plantio de apenas dez espécies arbóreas, pode-se perceber a grande capacidade regenerativa da Mata Atlântica, confirmada pela entrada de novas espécies no reflorestamento.

Durante as coletas realizadas no reflorestamento pôde-se visualizar a presença de aves e micos, além de fezes de animais. O elevado número de espécies que possuem síndrome de dispersão zoocórica (Tabela 2) confirma esta observação, onde os animais participam do processo de restauração, como “semeadores” e “plantadores” naturais (REIS et al., 1999). PARROTA & KNOWLES (2008) sugerem que, em locais onde a regeneração de espécies arbóreas com sementes grandes é limitada pela falta de seus dispersores, torna-se necessário o plantio destas espécies a fim de favorecer o enriquecimento do reflorestamento.

### **3.2 Caracterização do Banco de Sementes**

Um total de 3681 indivíduos, pertencentes a 64 espécies botânicas, germinou no banco de sementes do solo, considerando as quatro coletas realizadas. Destas espécies, 19 possuem o hábito arbóreo, 42 arbustivo\herbáceo e três possuem o hábito graminóide. Deste total, 786 pertenceram ao Terço Inferior do reflorestamento, 748 ao Terço Médio, 812 ao Terço Superior, 859 à Mata Secundária e 476 à área de Capinzal (Tabela 8). Para 3,45% do total de indivíduos, distribuídos em 29 morfoespécies, não foi possível identificar a posição taxonômica nem mesmo em nível de família.

A densidade média de propágulos encontrados nas parcelas do reflorestamento foi de 195 sementes.m<sup>-2</sup> e no fragmento de Mata Secundária foi de 214 mentes.m<sup>-2</sup>. Estes valores são inferiores aos encontrado por BAIDER et al. (1999), que registraram a germinação de 872 mentes.m<sup>-2</sup> em um trecho de Floresta Atlântica Montana no município de Ribeirão Grande-SP. Apesar da diferença considerável no número de propágulos, o valor de riqueza foi semelhante ao encontrado por MARTINS et al. (2008), que registrou 36 espécies e densidade de 857,6 sementes.m<sup>-2</sup>, em uma floresta secundária com 20 anos, em processo de restauração em Brás Pires-MG.

Observou-se maior riqueza de espécies na Mata Secundária com 34 espécies, seguida pelos Terços Inferior e Superior com 28 espécies cada, pelo Terço Médio com 26 e o Capinzal, que apresentou menor riqueza, com apenas 13 espécies. O mesmo padrão foi encontrado por NÓBREGA et al. (2009) onde os maiores valores de riqueza foram encontrados em remanescentes naturais (28 e 17 espécies) em relação as áreas reflorestadas com diferentes idades (17, 17, 15 e 12 espécies) em uma várzea do Rio Mogi-Guaçú, SP.

**Tabela 8.** Famílias e espécies botânicas encontradas no banco de sementes para as áreas estudadas. TI - Terço Inferior do reflorestamento; TM - Terço Médio do reflorestamento; TS - Terço Superior do reflorestamento; MS - Mata Secundária (MS) e C – Capim, condomínio Portugal, de Angra dos Reis-RJ.

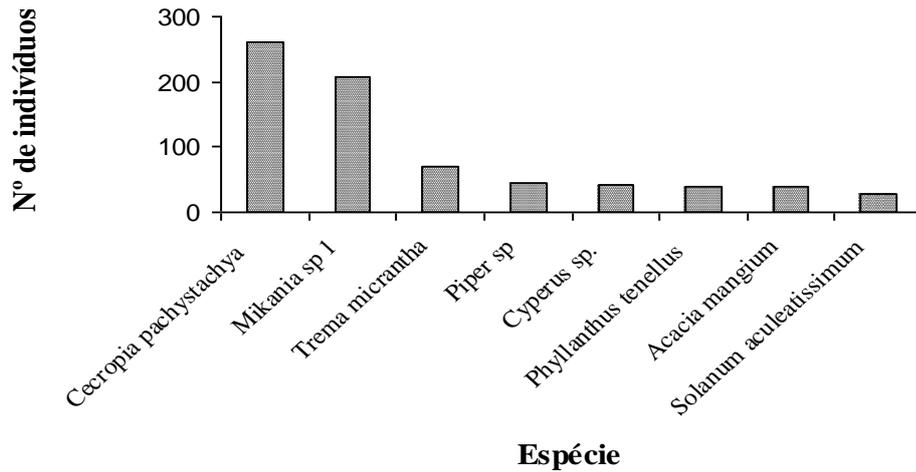
Família	Espécie	Área				
		TI	TM	TS	MS	C
Asteraceae	<i>Asteraceae 1</i>	*				
	<i>Mikania</i> sp 1	*	*	*	*	
	<i>Mikania</i> sp 2	*	*	*	*	
	<i>Asteraceae 2</i>			*		
	<i>Asteraceae 3</i>		*			
Cactaceae	<i>Pereskia</i> sp				*	
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	*	*	*	*	
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>				*	
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp	*	*		*	*
Euphorbiaceae	<i>Croton sphaerogynus</i>				*	
	<i>Alchornea triplinervia</i>	*			*	
Fabaceae	<i>Acacia auriculiformis</i>	*	*	*		
	<i>Acacia mangium</i>	*	*	*	*	
	<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	*				
	<i>Chamaecrista desvauxii</i>					*
	<i>Desmodium</i> sp				*	
Heliconiaceae	<i>Heliconia</i> sp	*	*		*	
Melastomataceae	<i>Clidemia hirta</i>	*	*	*	*	*
	<i>Melastomataceae 1</i>	*	*	*	*	
Menispermaceae	<i>Cissampelos</i> sp			*		
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	*			*	
Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i>				*	
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i>	*	*	*	*	*
Piperaceae	<i>Piper</i> sp	*	*	*	*	
Poaceae	<i>Bambusa</i> sp	*		*	*	
	<i>Melinis minutiflora</i>					*
Rubiaceae	<i>Spermacoce</i> sp	*	*			

continuação...

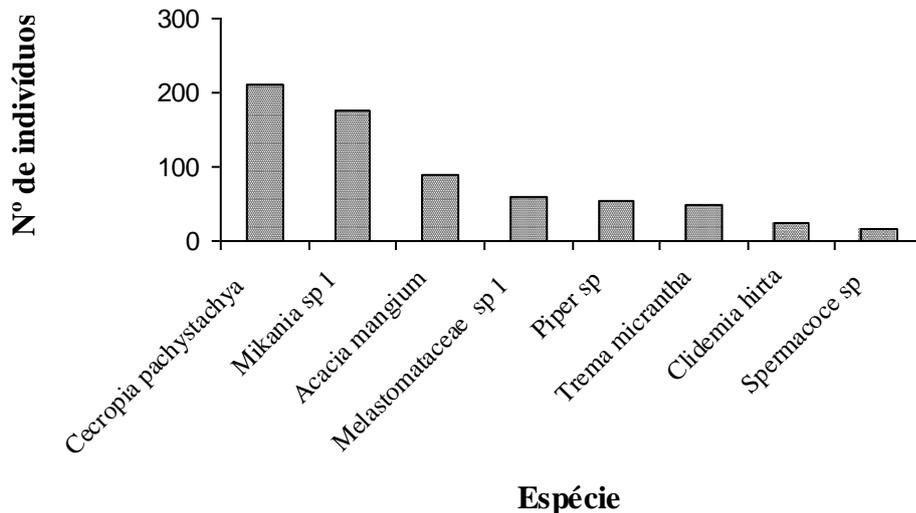
Família	Espécie	Área				
		TI	TM	TS	MS	C
Solanaceae	<i>Actinus arborecens</i>				*	
	<i>Cestrum laevigatum</i>				*	
	<i>Solanum aculeatissimum</i>	*	*	*	*	
	<i>Solanum americanum</i>			*	*	
	<i>Solanum argenteum</i>			*		
	<i>Solanum mauritianum</i>	*		*	*	
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i>	*	*	*	*	*
Verbenaceae	<i>Lantana sp</i>	*	*	*	*	*
Indeterminada 1						*
Indeterminada 2		*			*	
Indeterminada 3					*	
Indeterminada 4		*				
Indeterminada 5		*		*	*	*
Indeterminada 6				*	*	
Indeterminada 7			*			
Indeterminada 8					*	
Indeterminada 9						
Indeterminada 10				*		
Indeterminada 11						*
Indeterminada 12		*				
Indeterminada 13		*				
Indeterminada 14					*	
Indeterminada 15					*	
Indeterminada 16		*	*		*	
Indeterminada 17						*
Indeterminada 18		*	*			
Indeterminada 19		*				
Indeterminada 20					*	
Indeterminada 21			*			
Indeterminada 22			*			
Indeterminada 23			*	*		
Indeterminada 24				*		
Indeterminada 25			*	*		
Indeterminada 26						*
Indeterminada 27			*			
Indeterminada 28					*	
Indeterminada 29				*		

Embora a proximidade com as áreas de Capinzal, não houve presença de *Melinis minutiflora* e *Imperata brasiliensis* no banco de sementes dos terços do reflorestamento e do fragmento de Mata Secundária. As espécies que emergiram em todas as parcelas estudadas foram *Cecropia pachystachya*, *Lantana* sp, *Phyllanthus tenellus* e *Clidemia hirta*. A presença em todas as áreas pode ser um indicativo da eficiente capacidade de dispersão destas espécies.

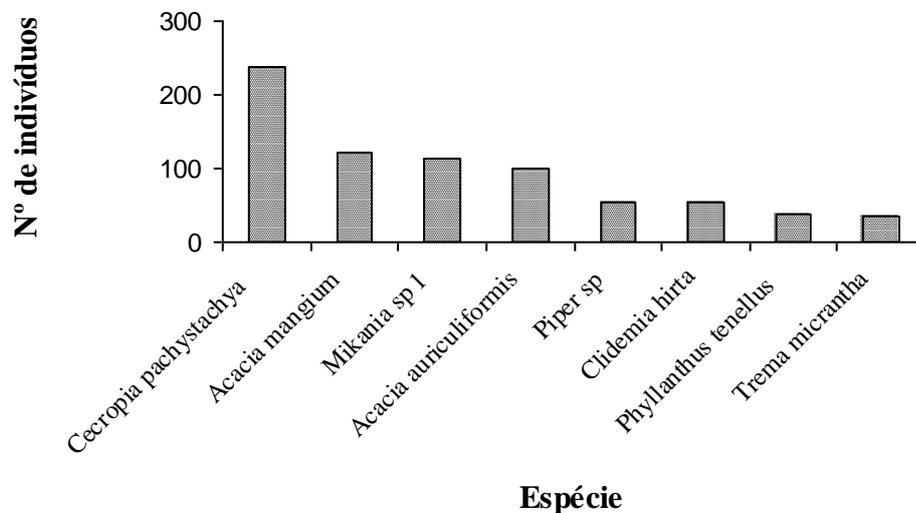
Entre as espécies que emergiram do banco de sementes do solo destaca-se *Cecropia pachystachya*, que apresentou maior número de sementes germinadas tanto nos três terços do reflorestamento como no fragmento de Mata Secundária (Figuras 18, 19, 20 e 21).



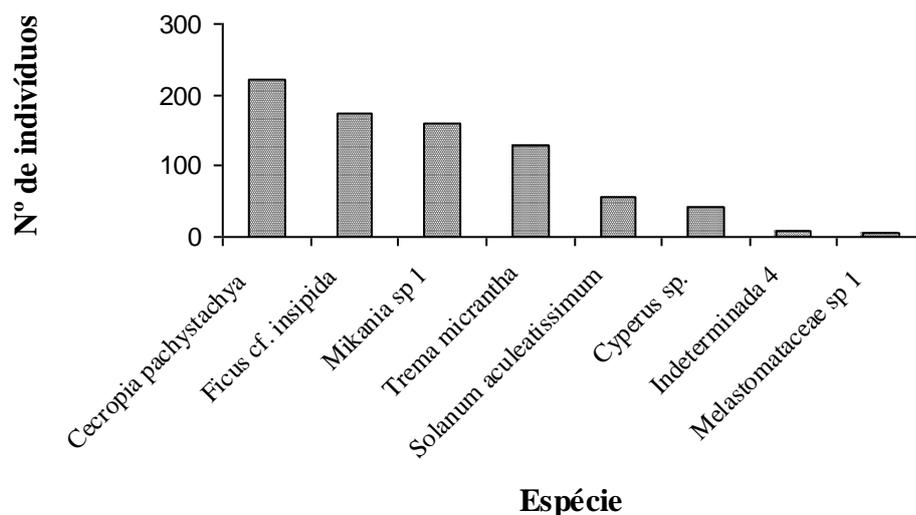
**Figura 18.** Número total de indivíduos encontrado nas quatro amostragens, para as oito espécies de maior ocorrência no banco de sementes do solo no Terço Inferior do reflorestamento no Condomínio Portugal, Angra dos Reis, RJ.



**Figura 19.** Número total de indivíduos encontrado nas quatro amostragens, para as oito espécies de maior ocorrência no banco de sementes do solo no Terço Médio do reflorestamento no Condomínio Portugal, Angra dos Reis, RJ.



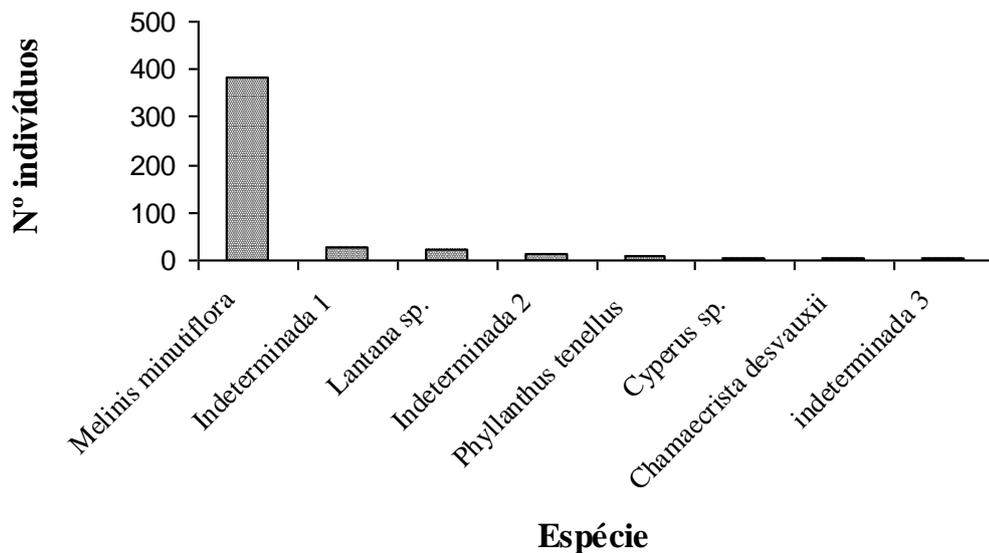
**Figura 20.** Número total de indivíduos encontrado nas quatro amostragens, para as oito espécies de maior ocorrência no banco de sementes do solo no Terço Superior do reflorestamento, no Condomínio Portugal, Angra dos Reis, RJ.



**Figura 21.** Número total de indivíduos encontrado nas quatro amostragens, para as oito espécies de maior ocorrência no banco de sementes do solo na Mata Secundária, no Condomínio Portugal, Angra dos Reis, RJ.

O alto número de indivíduos das espécies *Cecropia pachystachya* e *Trema micrantha* tem sido encontrado em diversos trabalhos, que mencionam a importância destas espécies em programas de reflorestamento (DE LUCCA, 1992; MARTINS et al., 2008), pois garantem a dinâmica da floresta em caso de distúrbio e servem como fonte de alimentação para a fauna (SATO et al., 2008), que por sua vez é responsável pela dispersão das sementes e perpetuação das florestas. Foram encontradas duas espécies de Melastomataceae neste trabalho. BAIDER et al. (1999) relatam a importância do banco de sementes no estabelecimento de espécies da família Melastomataceae. Segundo estes autores, as espécies da família Melastomataceae compõem o principal grupo de árvores e arbustos pioneiros observado na colonização de clareiras.

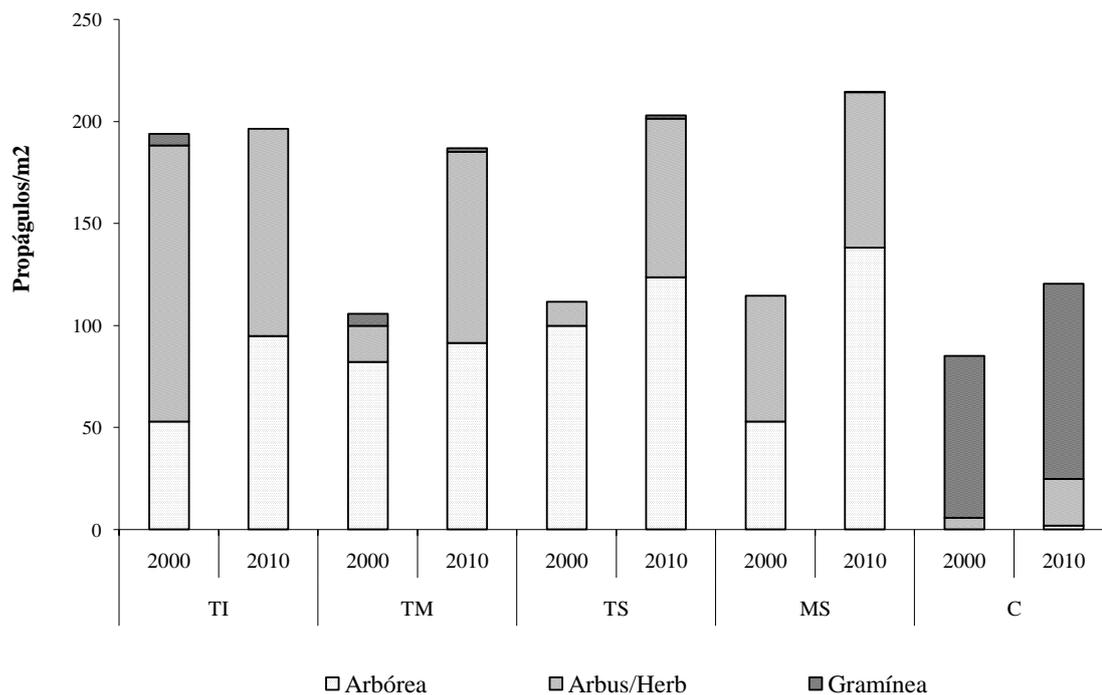
Na área de Capinzal observou-se predomínio de sementes germinadas da espécie *Melinis minutiflora*, que corresponde a 80% do total dos indivíduos que germinaram no banco de sementes (Figura 22). Esta espécie exerce forte competição com outras espécies tornando-se uma barreira para a diversidade biológica (FREITAS e PIVELLO, 2005). Não foi observada a germinação de indivíduos de *Imperata brasiliensis* em nenhuma das áreas estudadas.



**Figura 22.** Número total de indivíduos encontrado nas quatro amostragens, para as oito espécies de maior ocorrência no banco de sementes do solo em área de Capinzal, no Condomínio Portugal, Angra dos Reis, RJ.

Ao analisar o número de indivíduos do banco de sementes no ano de 2000 em comparação com o ano 2010, verificou-se aumento no número de indivíduos em todas as áreas estudadas (Figura 23). BAIDER et al. (2001) verificaram a diminuição no número de sementes com o avanço da sucessão, ao estudar o banco de sementes do solo durante a regeneração da floresta Atlântica no Sudeste do Brasil. Neste estudo, entretanto, a redução foi relacionada às espécies com hábito de vida herbáceo e observou-se aumento do número de indivíduos de espécies arbóreas.

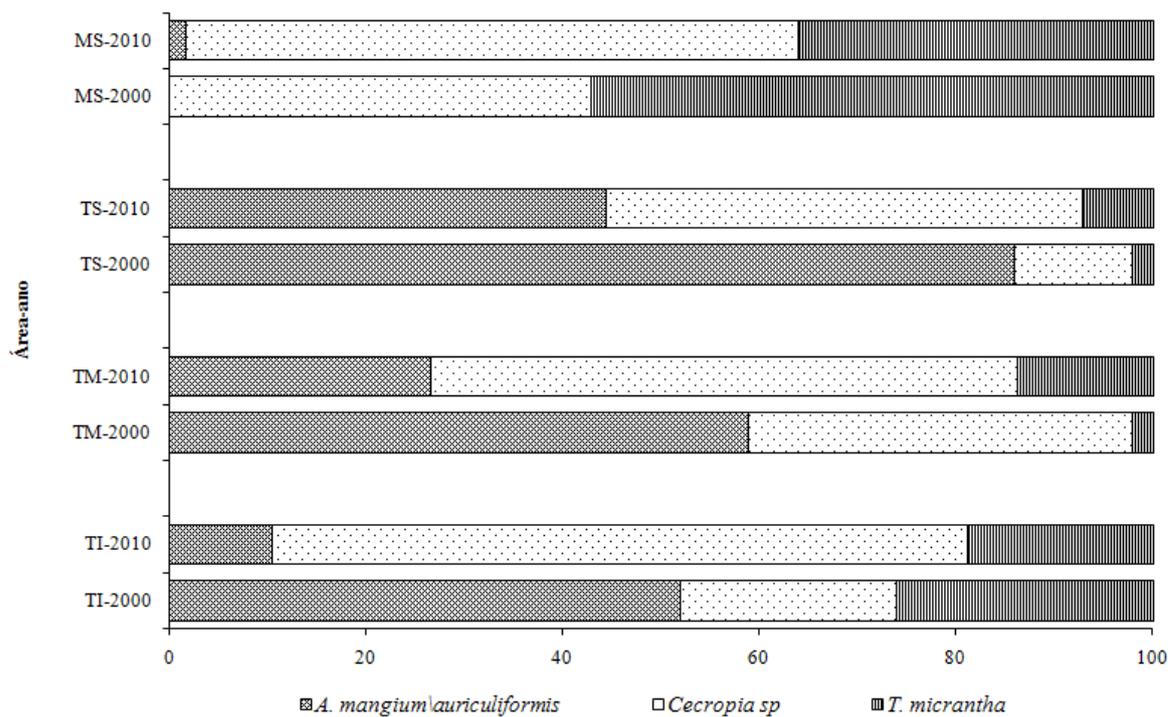
Considerando a classificação dos indivíduos, de acordo com o hábito de vida observou-se que em 2010 houve um equilíbrio no número de indivíduos de hábito arbóreo e de hábito arbustivo-herbáceo. BELLOTTO et al. (2009) relatam a importância de outras formas de vida como lianas e herbáceas, além de árvores e arbustos, para a restauração de florestas tropicais.



**Figura 23.** Número de indivíduos, classificados de acordo com a forma de vida, presente no banco de sementes do Terço Inferior (TI), Médio (TM) e Superior (TS) do reflorestamento, da Mata Secundária (MS) e do Capinzal (C) no Condomínio Portogalo, Angra dos Reis.

O banco de sementes da parcela Capinzal apresentou predomínio de gramíneas, assim como ocorrido no ano 2000 e aumento no número de indivíduos classificados como arbusto/herbáceo em 2010 (Figura 23). Nesta área em 2010, verificou-se a presença de propágulos da espécie *Cecropia pachystachya*, sugerindo que, apesar dos propágulos chegarem ao local, não foi possível o seu estabelecimento. O capim gordura e o capim sapê possivelmente representam uma barreira para a germinação dos propágulos oriundos de remanescentes do entorno. Neste caso, apenas o isolamento da área não possibilitará a recuperação do ambiente, necessitando de maior intervenção antrópica.

Em relação às espécies arbóreas houve diminuição do número de sementes germinadas das espécies *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* e aumento na proporção sementes germinadas de *Cecropia* sp e *Trema Micrantha* nos três terços do reflorestamento (Figura 24). Essa redução foi mais acentuada no Terço Superior onde *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* predominavam em relação às outras espécies arbóreas. A redução do número de sementes germinadas de *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* possivelmente ocorreu devido à mortalidade dos indivíduos adultos, que estão saindo do sistema, conforme verificado no início deste capítulo.



**Figura 24.** Percentual de indivíduos das espécies *Acacia mangium/Acacia auriculiformis*, *Cecropia sp* e *Trema micrantha* encontrado no banco de sementes, nas quatro amostragens, para os terço Inferior (TI), Médio (TM) e Superior (TS) do reflorestamento e para a Mata Secundária (MS), no Condomínio Portugal, Angra dos Reis.

Observou-se a ausência das espécies *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* no banco de sementes no Capinzal, enquanto que no banco de sementes do fragmento de Mata Secundária foram registrados indivíduos destas espécies. Uma possível explicação para esse fato deve-se a posição das áreas na paisagem e provavelmente, ao fato do fragmento de Mata Secundária e do reflorestamento serem visitados pela mesma fauna dispersora. Apesar de estarem presentes no banco de sementes do fragmento de Mata Secundária, estas espécies não estão regenerando nesta área, assim como, não estão regenerando no reflorestamento, como visto anteriormente, afastando a possibilidade destas espécies se comportarem como espécies exóticas invasoras. No entanto, o monitoramento deve ser realizado, frente a grande capacidade de dispersão destas espécies.

#### 4. CONCLUSÕES

O plantio de leguminosas arbóreas mostrou-se uma alternativa eficiente no processo de restauração florestal, verificado pelo aumento da riqueza e complexidade estrutural da vegetação e pelos valores semelhantes dos parâmetros avaliados em relação ao fragmento de Mata Secundária.

As parcelas do reflorestamento apresentaram baixa similaridade entre si e, em relação à parcela de Mata Secundária.

O estrato regenerativo apresentou maior riqueza de espécies do que a vegetação adulta para todas as áreas estudadas, sugerindo um futuro potencial no incremento da diversidade.

*Guarea guidonia* foi a espécie predominante no terço inferior e médio contribuindo para os menores valores de diversidade de Shannon e equitabilidade de Pielou nestes terços, o que pode prejudicar o avanço da sucessão, comprometendo o desenvolvimento de outras espécies.

*Guarea guidonia* e *Nectandra membranaceae* foram as únicas espécies presentes no estrato regenerativo em 2000 encontradas no estrato adulto em 2010 em todas as parcelas do reflorestamento.

O reflorestamento com leguminosas nativas e exóticas de rápido crescimento em Angra dos Reis-RJ promoveu mudanças de microclima e estruturais que impediram o desenvolvimento de um banco de sementes de gramíneas, beneficiando o surgimento de um banco de sementes com predominância de espécies de outras formas de vida.

A composição do banco de sementes abundante em espécies pioneiras como *Cecropia pachystachya*, mostrou-se potencialmente capaz de cicatrizar clareiras em caso de distúrbio.

Nos três terços do reflorestamento e na Mata Secundária houve aumento no número de indivíduos arbóreos em relação a avaliação realizada em 2000, mesmo com a diminuição na participação das espécies *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis*.

## **CAPÍTULO II**

### **FERTILIDADE DO SOLO, ESTOQUE DE BIOMASSA E NUTRIENTES NA SERRAPILHEIRA E FAUNA DO SOLO EM UM REFLORESTAMENTO NA MATA ATLÂNTICA APÓS 17 ANOS DO PLANTIO**

## RESUMO

Neste trabalho foi avaliado um reflorestamento com leguminosas arbóreas realizado em 1992-1993, utilizando como referência uma área com predominância de capim, tomada por capim gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.) e capim sapê (*Imperata brasiliensis* Trin.) que representa o estado da área caso não houvesse o plantio com leguminosas e um fragmento de Mata Atlântica Secundária, como referências. Os dados obtidos foram comparados com os dados obtidos na avaliação realizada em 2000 (CHADA, 2001). Para a avaliação foram utilizados os seguintes indicadores: a fertilidade do solo obtendo-se os valores de pH, Al, Ca+Mg, K, P, C, e N, o estoque de biomassa e dos nutrientes C, N, Ca, Mg, P e K na serrapilheira e a fauna do solo. Observou-se que os valores de pH e de Ca+Mg foram mais elevados na Mata Secundária para as três profundidades (0-2,5cm; 2,5-7,5 cm e 7,5-20,0 cm). Os valores de C foram mais elevados na parcela de Capinzal na primeira profundidade e observou-se que as parcelas do reflorestamento apresentaram valores similares ao da parcela de Mata Secundária. Os maiores estoques de serrapilheira foram encontrados no reflorestamento com leguminosas seguido da Mata Secundária e do Capinzal. O estoque de N, K, Mg e P foram mais elevados nos terços do reflorestamento e o estoque de Ca foi mais elevado na parcela de Mata Secundária. Em relação à fauna do solo, houve efeito da sazonalidade onde 60,2% dos indivíduos foram encontrados na época chuvosa. Houve predominância de Collembola e Formicidae em todas as áreas, na época seca e chuvosa. A maior diversidade, riqueza e equitabilidade foram registradas nas áreas com cobertura florestal. Em comparação com os dados de 2000, verificou-se o aumento dos valores de diversidade, refletindo as mudanças ocorridas na comunidade vegetal. A implantação de leguminosas florestais associadas a microrganismos mostrou-se eficiente na recuperação ambiental.

**Palavras chave:** Nitrogênio. Estabilidade. Collembola.

## ABSTRACT

In this work, were evaluated a site revegetated with legume trees in 1992-1993. It was used an adjacent secondary forest site and a site with the grasses *Melinis minutiflora* and *Imperata brasiliensis*, which represented the condition of the revegetated site if human intervention had not been done, as references. The data were compared to those obtained from a previous evaluation, done in 2000 (CHADA, 2001), whenever possible. It was used the following indicators: soil fauna; soil fertility as measured by the pH, the Al, Ca, Mg, K, P, C, N and organic matter contents; litter biomass, and the contents of C, N, Ca, Mg, P and K in the litter. pH and the Ca+Mg content was higher in the secondary forest soil at the three depths evaluated. Higher C content were observed in the grass site at the first depth, and the revegetated site presented C values similar to those in the secondary forest. The highest stocks of litter biomass were found in the revegetated site and the lowest in the grass site. The stocks of N, K, Mg and P were higher in the superior portion and the stock of Ca was higher in the secondary forest. The soil fauna was affected by the seasonality since 60.2% of the individuals were found during the raining season. Collembola and Formicidae were predominated in all areas and at different sampling seasons. The highest diversity, richness and homogeneity were observed in the forested sites. The diversity was higher than in 2000, reflecting changes in the plant community. The establishment of tree legumes associated to microorganisms was efficient in environmental restoration.

**Key words:** Nitrogen. Stability. Collembola.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao realizar a supressão da vegetação em um determinado local, diversos serviços ambientais prestados pelos ecossistemas são comprometidos, dentre eles a conservação do solo. De acordo com DIAS et al. (2007), as conseqüências para o solo são: a perda da matéria orgânica, a redução da atividade biológica, a desestruturação e adensamento com a intensificação dos processos erosivos. Impactos no solo são preocupantes, pois é no solo que ocorrem diversos processos e funções que implicam na qualidade e sustentabilidade dos ecossistemas terrestres (SIQUEIRA et al., 2007).

Neste sentido, o plantio de leguminosas florestais é uma alternativa para reverter os processos de degradação. A capacidade que a maioria das leguminosas possui de formar simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio e com fungos micorrízicos arbusculares possibilita seu estabelecimento, mesmo em condições adversas (FRANCO et al., 1995). GONÇALVES (2000) *apud* GONÇALVES et al. (2008) verificaram que mudas inoculadas com bactérias selecionadas eficientes na fixação biológica de nitrogênio apresentaram melhor aspecto nutricional, com folhas mais verdes e caules mais firmes, tempo de produção das mudas menor e maior taxa de sobrevivência das mudas no campo. Da mesma forma, trabalhos relatam os benefícios da inoculação de fungos micorrízicos para as plantas (SOARES & CARNEIRO, 2010) além de serem essenciais para o melhor desenvolvimento e boa nodulação de algumas espécies de leguminosas (Jesus et al., 2005), onde a inoculação conjunta destes microrganismos tem demonstrado bons resultados na recuperação de áreas degradadas (FRANCO et al., 1996).

As leguminosas são indicadas por fornecerem material formador de serrapilheira em grande quantidade, que protege o solo do impacto direto das gotas de chuva, ao mesmo tempo em que proporcionam melhorias nas condições de fertilidade, acréscimo no teor de matéria orgânica e na atividade biológica do solo (FRANCO et al., 2003), além de possibilitar o desenvolvimento de novas espécies vegetais (CAMPELLO, 1998). A alta produção de serrapilheira é um fator chave para a manutenção da produtividade, uma vez que é a principal fonte de nutrientes em solos tropicais de baixa fertilidade natural especialmente em áreas em processo de restauração (SOUZA & DAVIDE, 2001).

A serrapilheira é utilizada como indicadora de qualidade ambiental, uma vez que as plantas respondem às alterações ocorridas no meio através do processo de deposição. De acordo com CORREIA & ANDRADE (1999), vários fatores influenciam na quantidade de resíduos que caem da parte aérea e irão formar a serrapilheira entre eles o clima, o solo, as características genéticas, a idade e densidade das plantas.

Da mesma forma que a serrapilheira, a fauna do solo vem sendo utilizada como indicadora uma vez que sua presença é importante para o funcionamento do ecossistema. A presença e abundância dos organismos da fauna refletem as alterações do ambiente por serem sensíveis às atividades antrópicas, às práticas de manejo e a características do ecossistema como o clima, o solo, a qualidade e a quantidade de recursos (CORREIA, 2002a; LAVELLE, 1996).

Além de bioindicadora, a fauna do solo desempenha importantes papéis ecológicos. A fauna do solo atua no compartimento serrapilheira-solo modificando as propriedades químicas e físicas, e encontra nesse conjunto, habitat e alimento que garantem sua sobrevivência e reprodução. Neste compartimento os organismos da fauna atuam na regulação e dispersão da comunidade microbiana e fragmentam a serrapilheira, participando dos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, que por sua vez, são fundamentais para a manutenção da produtividade do ecossistema (CORREIA, 2002b).

Este estudo tem como objetivo avaliar a fertilidade do solo, o estoque de biomassa e nutrientes da serrapilheira e a composição dos grupos de fauna do solo e comparar os dados obtidos no presente estudo com os dados de 2000 na área em processo de restauração, no fragmento de Mata Secundária e no Capinzal, no condomínio Portugal, Angra dos Reis-RJ.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Avaliação da Fertilidade do Solo**

Para a caracterização da fertilidade do solo, foram retiradas amostras de solo em três diferentes profundidades em cada subparcela (0-2,5 cm, 2,5-7,5 cm, 7,5-20,0 cm). Para cada parcela com dimensões de 20 m por 40 m, quatro amostras simples foram coletadas, uma em cada subparcela, e misturadas para obtenção de uma amostra composta. As amostras foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm. Determinou-se os valores de pH, alumínio, cálcio, magnésio, fósforo, potássio, nitrogênio, carbono orgânico e matéria orgânica segundo metodologia de análise de rotina de amostras de solo da Embrapa (EMBRAPA, 1997).

### **2.2 Avaliação dos Estoques de Biomassa e Nutrientes da Serrapilheira**

Para a amostragem da serrapilheira foi utilizado um gabarito com dimensões de 0,25 m por 0,25 m. Em cada subparcela, duas amostras simples foram coletadas e misturadas para obtenção de uma composta, obtendo-se assim quatro amostras compostas por parcela. Em seguida foram secas em estufa a 65°C até massa constante, pesadas e moídas em moinho de facas. Este procedimento foi realizado duas vezes correspondendo à época seca e à época chuvosa. Foram determinados os valores de cálcio, magnésio, fósforo, potássio e nitrogênio segundo metodologia de análise de rotina de amostras de tecido da Embrapa (EMBRAPA, 1997). Os estoques ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) foram calculados multiplicando-se o teor de cada um dos elementos ( $\text{g kg}^{-1}$ ) pela massa da serrapilheira amostrada. O estoque de biomassa da serrapilheira e o estoque de nutrientes foram comparados entre as áreas através do teste de médias Tukey a 5% de significância.

### **2.3 Avaliação dos Organismos da Fauna do Solo**

A fauna do solo epígea, ou seja, o conjunto de invertebrados da meso e macrofauna que vive na interface serrapilheira-solo, foi avaliada em duas épocas, sendo que a primeira coleta foi realizada em maio de 2009 (época seca) e a segunda coleta em dezembro de 2009 (época chuvosa). Para a avaliação da fauna do solo foram utilizadas armadilhas tipo “pitfall”, conforme descrito em AQUINO et al. (2006). No centro de cada parcela permanente, no sentido do comprimento, 10 armadilhas foram instaladas com intervalos de 5 m entre cada armadilha. As armadilhas com dimensões de 9 cm de diâmetro e 11 cm de altura foram enterradas ao nível do solo e utilizou-se como líquido coletor 150 mL de uma solução de formol a 4% (v/v). As armadilhas foram coletadas sete dias após a implantação e levados para o laboratório. O conteúdo de cada armadilha foi peneirado para eliminação da solução de formol e, os organismos da fauna coletados foram transferidos para frascos contendo solução de etanol 70% (v/v).

As amostras foram triadas sob lupa binocular e os organismos da fauna do solo foram contados conforme classificação em grupos, em alguns casos em classes, ordens ou famílias.

De posse do número de indivíduos capturados nas armadilhas calculou-se o número de indivíduos capturados por armadilha por dia e o respectivo erro padrão, a riqueza total e média de grupos, o índice de diversidade de Shannon, o índice de equitabilidade de Pielou, o índice de mudança (V) e realizou-se análises de agrupamentos. As médias referentes ao número de indivíduos por armadilha por dia, de cada grupo, foram comparadas entre as áreas

e entre as épocas de coleta pelos testes não paramétricos de Kusrkal-Wallis e Wilcoxon, respectivamente, a 5% de significância.

O Índice de Diversidade de Shannon (H) leva em consideração a riqueza das espécies e sua abundância relativa, sendo definido por:

$$H = -\sum p_i \ln p_i \text{ sendo que, } P_i = n_i / N$$

onde:  $n_i$  é o número de indivíduos do grupo  $i$  e  $N$  é o número total de indivíduos.

O Índice de Pielou é um índice de equitabilidade ou uniformidade, em que refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies ou grupos, sendo definido por:

$$J = H' / \ln S$$

onde:  $H$  é o valor do Índice de Shannon e  $S$  é o número de grupos.

O índice de mudança demonstra as alterações dos grupos da fauna, em função do manejo adotado, através da relação entre a abundância de cada grupo em uma área manejada e uma área não manejada (WARDLE & PARKINSON, 1991; WARDLE, 1995; CORREIA et al., 2003). Neste trabalho o índice de mudança foi calculado duas vezes, considerando primeiro a área de Mata Secundária e, segundo a área de Capinzal como áreas sem manejo e os terços do reflorestamento como áreas manejadas, pela fórmula:

$$V = (2aR / (aR + aM)) - 1$$

onde:  $aR$  é a abundância do grupo na área manejada (Reflorestamento) e  $aM$  é a abundância do grupo na área não manejada (Mata Secundária e Capinzal).

O índice  $V$  varia entre -1 e 1. Valores menores que -0,67 indicam atividade da fauna do solo com inibição extrema (IE); valores entre -0,67 e -0,33 indicam atividade da fauna do solo com inibição moderada (IM); valores entre -0,33 e -0,05 indicam atividade da fauna do solo com Inibição leve (IL); valores entre -0,05 e 0,05 indicam atividade da fauna do solo similar (sem alteração - SA) entre áreas comparadas; valores entre 0,05 e 0,33 indicam atividade da fauna do solo com estimulação leve (EL); valores entre 0,33 e 0,67 indicam atividade da fauna do solo com estimulação moderada (EM) e valores maiores que 0,67 indicam atividade da fauna do solo com estimulação extrema (EE).

A análise de agrupamento foi realizada utilizando-se o coeficiente de distância euclidiana e o método de agrupamento “UPGMA” disponíveis no programa PAleontological STatistics (HAMMER et al., 2001).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Fertilidade do Solo, Estoque de Biomassa e de Nutrientes na Serrapilheira

Na Tabela 9 são apresentados os valores de pH em água, Al, Ca+Mg, K, P, C orgânico e N encontrados nas análises de solo para as profundidades de 0-2,5 cm, 2,5-7,5 cm e 7,5-20 cm nas áreas avaliadas. Observou-se que os valores de pH e de Ca+Mg foram mais elevados na Mata Secundária para as três profundidades. Os valores de Al foram mais baixos na Mata Secundária em função do pH mais elevado. Os valores de K e P foram mais elevados na Mata Secundária apenas na profundidade de 0-2,5 cm, sendo nas profundidades de 2,5-7,5 cm e 7,5-20 cm mais elevados nos Terços Inferior e Médio para P e na área de Capinzal para K. Os teores de C e MO foram mais elevados no Terço Superior na profundidade de 2,5-7,5 cm e mais elevados na área de Capinzal nas demais profundidades (Tabela 9).

Para as três parcelas do reflorestamento não se observam diferenças elevadas em relação aos parâmetros da fertilidade do solo, uma vez que os solos são de baixo pH com presença de Al trocável. Os valores deste trabalho foram similares aos encontrados por MACEDO (2008), que caracterizou a fertilidade do solo em uma área degradada em recuperação com leguminosas com 13 anos em comparação com uma Mata Secundária e uma área desmatada com predomínio de *Panicum maximum* em Angra do Reis, RJ.

Os valores de C foram mais elevados na parcela de Capinzal na primeira profundidade e observou-se que as parcelas do reflorestamento apresentaram valores similares ao da parcela de Mata Secundária, o que pode indicar que está ocorrendo uma recuperação dos valores de C do solo após a implantação do reflorestamento. De fato, MORAES et al. (2008) observaram que plantios mistos de espécies arbóreas nativas proporcionaram níveis de fertilidade do solo semelhantes aos observados para a floresta madura na Reserva Biológica do Poço das Antas-RJ, para a profundidade de 0-20 cm. Os valores observados em 2010 foram menores dos encontrados em 2000. Os níveis de Ca, Mg e K e foram cerca de três vezes mais elevados nas parcelas do reflorestamento.

Ao avaliar os valores de estoque de biomassa da serrapilheira, os maiores estoques foram encontrados no reflorestamento possivelmente como reflexo do maior número de indivíduos adultos e da presença de leguminosas plantadas (Figura 25). BALIEIRO et al. (2004) avaliou o estoque de serrapilheira acumulada pela espécie *Acacia mangium* (12,7 Mg ha<sup>-1</sup>) com cinco anos e verificou que o alto estoque proporcionado por essa espécie deve-se a baixa velocidade de decomposição dos filódios (tempo de meia vida de 421 dias). MACEDO (2007) estudou a capacidade de leguminosas em restabelecer a ciclagem de nutrientes em área degradadas no município de Seropédica, RJ e, entre as espécies estudadas o plantio com *Acacia auriculiformis* com 17 anos apresentou o maior estoque de biomassa (17,4 Mg ha<sup>-1</sup>) e o maior estoque de Nitrogênio (258 kg ha<sup>-1</sup>). Além disso, o maior estoque de serrapilheira no reflorestamento pode estar relacionado à abundância de espécies pioneiras, comumente encontradas em florestas em início de sucessão (EWELL, 1976 *apud* VIDAL et al., 2007).

Já a diferença do estoque de biomassa entre os terços pode ser a resposta da vegetação ao estresse hídrico causado pela diferença na declividade do terreno. O Terço Superior, com 60% de declividade pode sofrer mais estresse hídrico promovendo maior deposição de serrapilheira, o que justificaria os maiores valores neste terço.

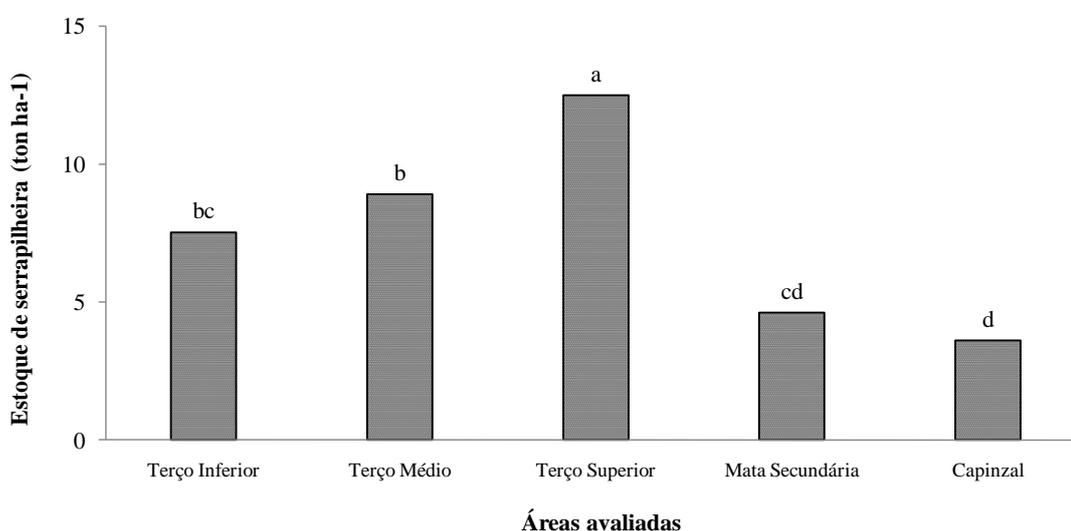
**Tabela 9.** Valores de pH, Al (alumínio), Ca+Mg (soma de cálcio e magnésio), K (potássio), P (fósforo), C (carbono orgânico), MO (matéria orgânica) e N (nitrogênio) para as profundidades de 0-2,5 cm, 2,5-7,5 cm e 7,5-20 cm observados nos terços do reflorestamento, na Mata Secundária e no Capinzal, no condomínio Portugal, Angra dos Reis.

Profundidade\Área	pH em H <sub>2</sub> O	Al	Ca+Mg	K	P	C	N	
		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	
0-2,5 cm	Terço Inferior	4,7	0,7	1,3	46	5,6	12,7	0,9
	Terço Médio	4,6	0,7	0,3	48	1,8	8,8	1,0
	Terço Superior	4,3	1,3	1,3	46	4,5	16,3	1,3
	Mata Secundária	5,5	0,2	3,9	72	6,3	12,7	1,3
	Capinzal	4,8	0,7	1,2	40	1,7	19,2	1,1
2,5-7,5 cm	Terço Inferior	4,5	1,2	0,5	34	6,1	13,5	1,0
	Terço Médio	4,4	1,4	1,0	42	1,6	11,0	1,0
	Terço Superior	4,2	2,0	0,3	36	2,2	16,4	1,3
	Mata Secundária	5,2	0,2	2,7	62	2,0	16,0	1,8
	Capinzal	4,7	1,0	0,7	64	0,4	15,7	1,2
7,5-20 cm	Terço Inferior	4,4	1,3	0,4	28	2,6	11,3	0,8
	Terço Médio	4,4	1,3	--	26	4,0	7,80	0,9
	Terço Superior	4,3	1,7	0,4	30	3,3	11,8	1,0
	Mata Secundária	4,8	0,7	1,9	42	1,5	12,8	1,4
	Capinzal	4,6	1,0	0,5	48	--	13,3	1,0

(--) Valores abaixo do limite de detecção.

Em 2000 o estoque de biomassa da serrapilheira esteve em torno de 10 Mg ha<sup>-1</sup> nas áreas de Mata Secundária e Capinzal e entre 20 e 25 Mg ha<sup>-1</sup>, nos terços do reflorestamento. Da mesma forma, em 2010 os menores valores foram encontrados na parcela de Mata Secundária (4,62 Mg ha<sup>-1</sup>) e de Capinzal (3,61 Mg ha<sup>-1</sup>).

Ainda comparando os dados com os obtidos em 2000, para as parcelas do reflorestamento o estoque em 2010 foi menor nos três terços do reflorestamento. Uma possível explicação da redução do estoque de biomassa se deva à redução do número de indivíduos das espécies plantadas, especialmente das espécies *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* que possuem alta capacidade de acumular biomassa sobre o solo. No Terço Inferior, no ano 2000 havia 11 indivíduos de *Acacia mangium* e 59 de *Acacia auriculiformis* e em 2010 foram registrados apenas dois indivíduos de *Acacia mangium*. No terço médio havia 32 indivíduos de *Acacia mangium* e 34 de *Acacia auriculiformis* e em 2010 oito e quatro, respectivamente. No Terço Superior ocorreu a senescência de 28 indivíduos de *Acacia mangium* e 41 de *Acacia auriculiformis* restando em 2010, 10 de *Acacia mangium* e um de *Acacia auriculiformis*.



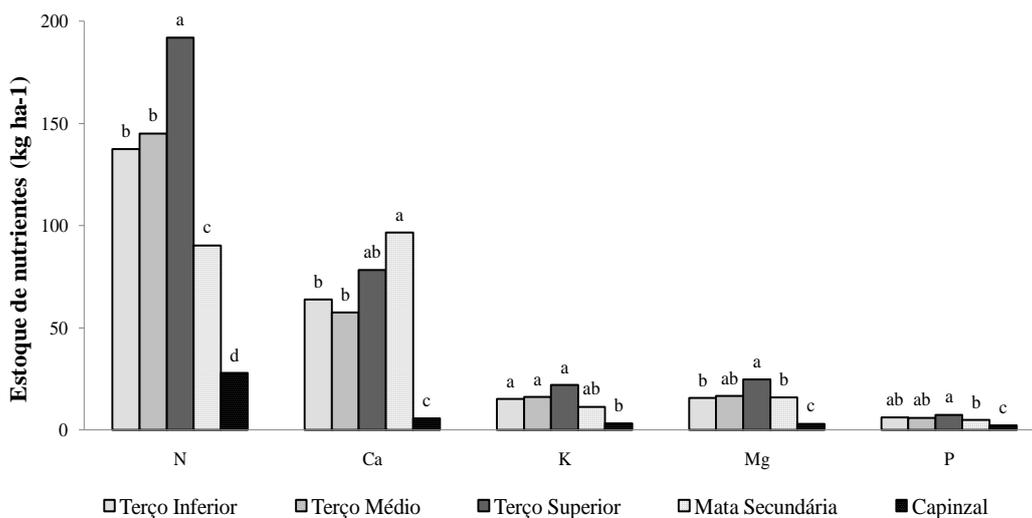
**Figura 25.** Estoque de serrapilheira (ton ha<sup>-1</sup>) encontrado nas parcelas do reflorestamento, na parcela sob Mata Secundária e na parcela de Capinzal. Colunas com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. CV=21%.

Observou-se que os valores encontrados para o estoque de nutrientes na serrapilheira acompanharam o acúmulo de biomassa (Figura 26). O estoque de N, K, Mg e P foram mais elevados no Terço Superior e o estoque de Ca foi mais elevado na parcela de Mata Secundária. O capinzal apresentou os valores mais baixos e estatisticamente diferentes das parcelas do reflorestamento para N, Ca, K, Mg e P e estatisticamente diferentes da parcela de Mata Secundária para N, Ca, Mg e P (Figura 26).

MACEDO (2007) comparou uma área de Mata Secundária com uma área em recuperação com leguminosas com 13 anos de idade em Angra dos Reis-RJ e encontrou valores menores do que o encontrado neste estudo tanto para o estoque de biomassa de serrapilheira, onde valores variaram de 5,9 Mg ha<sup>-1</sup> na época seca a 6,7 Mg ha<sup>-1</sup> na época chuvosa, como para estoque de nutrientes na serrapilheira. Para a mesma autora, os valores dos nutrientes da serrapilheira quando comparados com a quantidade de nutrientes no solo, sugerem que as comunidades estudadas dependem do aporte de serrapilheira para seu funcionamento e sustentabilidade. Os mesmos padrões foram encontrados neste estudo,

confirmando a importância da serrapilheira para a manutenção da produtividade de florestas tropicais.

Em relação ao estoque de nutrientes do levantamento do ano 2000, observou-se o mesmo padrão em 2010, quando os maiores estoques foram encontrados nas áreas de reflorestamento seguido da Mata Secundária e o menor estoque no Capinzal. Assim como a redução dos estoques de biomassa, em 2010, houve redução do estoque de nutrientes. No Terço Superior, por exemplo, o estoque de nitrogênio que no ano 2000 era em torno de 250 kg ha<sup>-1</sup> (CHADA, 2001) em 2010 foi de 192 kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 26.** Estoque de N (nitrogênio), Ca (cálcio), K (potássio), Mg (magnésio) e P (fósforo) na serrapilheira (kg ha<sup>-1</sup>) encontrado nas parcelas do reflorestamento, na parcela sob Mata Secundária e na parcela de Capinzal. Colunas com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

## 3.2 Fauna do Solo

### 3.2.1 Caracterização da fauna do solo após 17 anos do plantio

Foi encontrado um total de 27914 indivíduos pertencentes a 24 grupos de fauna do solo. Na época seca, a atividade de fauna do solo variou de 19,37±2,03 indivíduos.armadilha.dia<sup>-1</sup> no fragmento de Mata Secundária a 52,07±6,53 indivíduos.armadilha.dia<sup>-1</sup> no Capinzal, enquanto que na época chuvosa a atividade variou de 36,09±3,97 indivíduos.armadilha.dia<sup>-1</sup> no Terço Inferior do reflorestamento a 78,99±10,12 indivíduos.armadilha.dia<sup>-1</sup> no Terço Superior do reflorestamento (Tabela 10).

Em ambas as épocas, maior diversidade e a maior riqueza de grupos de fauna foram encontradas nas áreas com cobertura florestal (Tabela 10). Esses resultados estão dentro da expectativa teórica de que áreas com maior diversidade de cobertura vegetal e maior heterogeneidade da serrapilheira implicam em maior diversidade de grupos de fauna, pois ampliam a gama de recursos disponíveis e de habitats (CORREIA & ANDRADE, 1999; MORALES & SARMIENTO, 2002). Algumas características que favorecem a comunidade

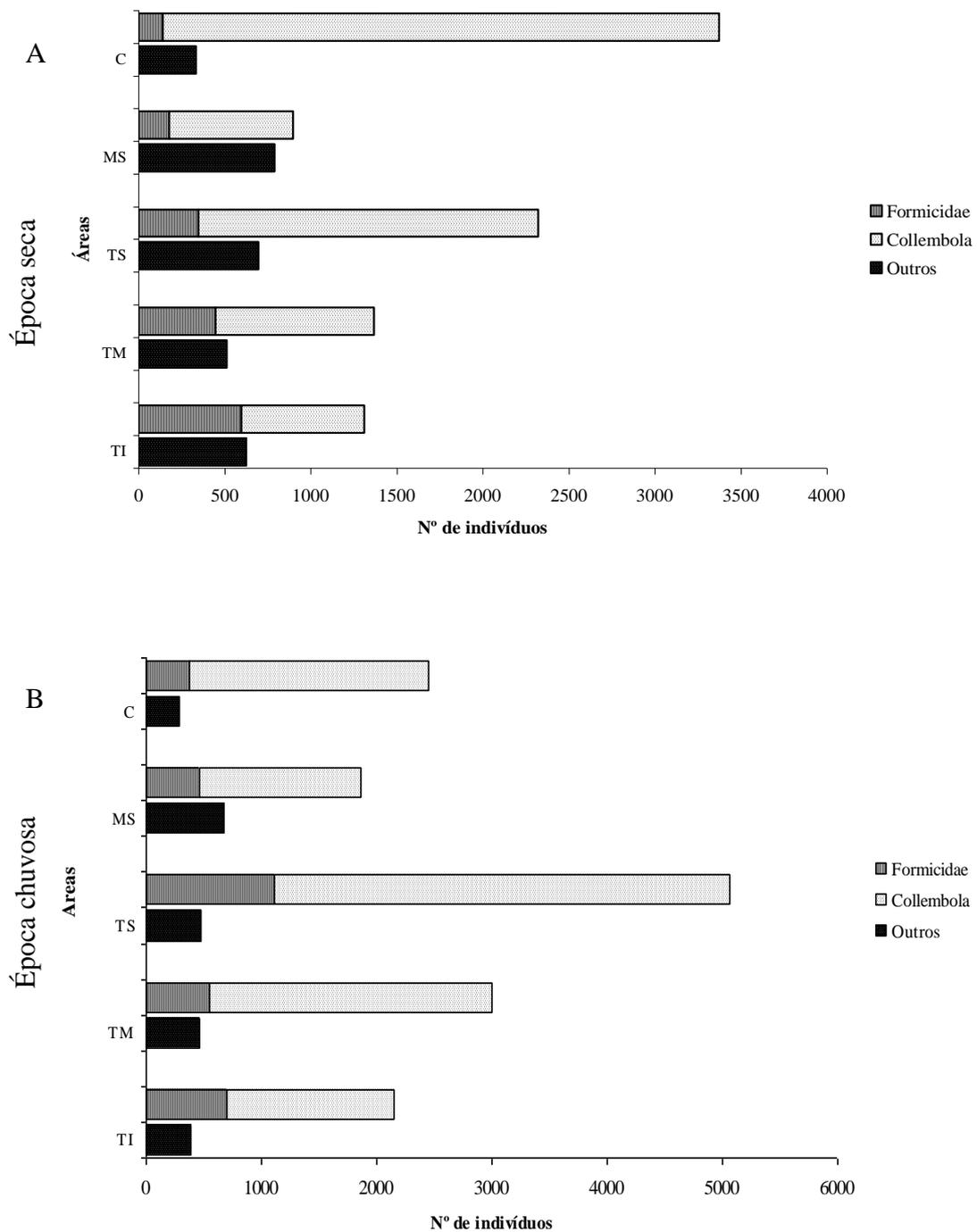
de fauna são citadas por VALLEJO et al. (1987) *apud* FERREIRA & MARQUES (1998) de maneira que ambientes complexos fornecem maior variedade e disponibilidade de alimentos, microclima estável com maior sobremento e umidade e maior disponibilidade de refúgios contra predadores. MOÇO et al. (2005) caracterizaram a fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais e encontraram a mesma tendência, onde as áreas de floresta natural preservada e floresta com certo grau de ação antrópica mostraram valores de riqueza superiores do que as áreas de eucalipto, capoeira e pastagem. Da mesma forma COPATTI & DAUDT (2009) encontraram maior riqueza em Mata Nativa em relação à monocultura de *Pinus elliotti* em Jaguari, RS.

**Tabela 10.** Número de indivíduos por armadilha por dia, índice de Shannon, riqueza total, riqueza média e equitabilidade para os grupos da fauna do solo encontrados, nas épocas seca e chuvosa, nas parcelas do reflorestamento (Terço Inferior, Terço Médio e Terço Superior), na área de Mata secundária e na área de Capinzal, no condomínio Portugalo, Angra dos Reis.

Áreas	Ind.arm.dia <sup>-1</sup>	Shannon (LN)	Riqueza total	Riqueza média	Pielou
Época seca					
Capinzal	52,07±6,53	0,55	17	8,7	0,13
Mata Secundária	19,37±2,03	1,69	20	11,3	0,39
Terço Inferior	24,11±3,86	1,59	18	11,6	0,38
Terço Médio	23,70±4,08	1,42	21	10,9	0,32
Terço Superior	39,49±3,37	1,18	22	12,7	0,26
Época chuvosa					
Capinzal	39,06±3,95	0,91	17	8,8	0,22
Mata Secundária	40,46±2,21	1,53	19	11,66	0,35
Terço Inferior	36,09±3,97	1,34	21	12,9	0,30
Terço Médio	54,98±10,26	1,13	18	12,1	0,27
Terço Superior	78,99±10,12	0,98	21	12,8	0,22

Houve efeito da sazonalidade, onde 39,8% dos indivíduos capturados foram encontrados na época seca e 60,2% na época chuvosa. De maneira geral, com exceção do Capinzal, que apresentou redução no número de indivíduos, a comunidade de fauna do solo dobrou o número de indivíduos da época seca para a chuvosa (Tabela 11). Resultados similares foram encontrados por MENEZES et al. (2009) ao estudar a macrofauna edáfica em diferentes estágios sucessionais de floresta estacional semidecidual e na pastagem no município de Pinheiral-RJ.

Alta frequência de Formicidae tem sido observada em todos os biomas brasileiros (AQUINO et al., 2008; BARROS et al., 2008; NUNES et al., 2008), onde desempenham importante papel na regulação do equilíbrio ecológico por atuarem como parasitas ou predadores e na ação pedológica (ASSAD, 1997), quando promovem o revolvimento do solo e incorporação da matéria orgânica utilizada como alimento. O baixo valor do Índice de Shannon e Pielou para as áreas estudadas pode ser justificado pela presença dos grupos dominantes Collembola e Formicidae, que juntos representaram 85,2% do total dos indivíduos capturados (Figura 27, Tabela 11). REIS (2006) registrou a predominância destes dois grupos ao avaliar áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas, PA, revegetadas com diferentes intervenções e idades e uma área de mata nativa que implicou em baixos índices de uniformidade para a maioria dos sistemas estudados.



**Figura 27.** Dominância dos grupos Formicidae e Collembola em relação ao número de indivíduos da fauna do solo encontrado na época seca (A) e na época chuvosa (B) para as parcelas do reflorestamento TI (Terço Inferior), TM (Terço Médio), TS (Terço Superior), para a área de MS (Mata Secundária) e para a área de C (Capinzal), no condomínio Portugal, Angra dos Reis.

**Tabela 11.** Número médio de indivíduos dos 24 grupos da fauna do solo, observados nas parcelas do reflorestamento (Terço Inferior, Médio e Superior), na parcela de Capinzal e na parcela de Mata Secundária, no condomínio Portugal, Angra dos Reis.

Grupo da fauna	Época	Terços do Reflorestamento			Capinzal	Mata Secundária
		Inferior	Médio	Superior		
Acari	Seca	5,8 bA	3,2 bA	11,1 abA	16,1 aA	7,2 abB
	Chuva	3,3 bA	8,3 abA	11,6 abA	14,9 aA	14,2 Aa
Aranea	Seca	4,6 aA	1,5 bB	3,7 abA	2,4abA	4,3 aA
	Chuva	5,0 aA	3,8 aA	3,6 aA	2,0 aA	4,22 aA
Amphipoda	Seca	0,5 abB	4,6 aA	2,8 aA	0,0 bA	2,0 abB
	Chuva	3,8 aA	9,1 aA	2,1 abA	0,0 bA	26,2 aA
Archaeognatha	Seca	1,9 aB	1,9 aB	1,7 aA	0,8 aA	0,4 aA
	Chuva	5,0 aA	4,8 aA	1,7 abA	0,9 abA	0,5 bA
Auchenorrhyncha	Seca	0,8 abA	0,4 bA	1,8 aA	1,7 abA	0,8 abA
	Chuva	0,7 aA	2,0 aA	0,4 aB	2,5 aA	0,6 aA
Blattodea	Seca	0,0 aA	0,1 aA	0,1 aA	0,0 aA	0,1 aA
	Chuva	0,2 aA	0,5 aA	0,1 aA	0,0 aA	0,3 aA
Chilopoda	Seca	0,0 aA	0,2 aA	0,1 aA	0,0 aA	0,1 aA
	Chuva	0,2 aA	0,0 aA	3,5 aA	0,0 aA	0,1 aA
Coleoptera	Seca	7,6 aA	5,2 abA	5,3 aA	0,8 bA	13,3 aA
	Chuva	3,8 aB	4,6 aA	6,4 aA	0,1 bA	7,8 aA
Diplopoda	Seca	0,3 aA	0,0 aA	0,2 aA	0,1 aA	0,5 aA
	Chuva	0,0 aA	0,0 aA	0,1 aA	0,2 aA	0,0 aB
Diptera	Seca	5,8 aA	3,7 abA	5,8 aA	0,4 bA	8,4 aA
	Chuva	4,5 abA	5,1 abA	6,5 aA	0,9 bA	6,8 abA
Collembola	Seca	71,5 bB	91,8 bB	197,6 abB	323,0 aA	71,8 bB
	Chuva	144,6 bA	273,0 abA	349,1 aA	206,8 abA	155,5 abA
Formicidae	Seca	59,7 aA	44,9 abA	34,8 abB	14,3 bcA	17,9 bcB
	Chuva	70,4 aA	60,4 aA	111,7 aA	38,1 aA	51,8 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Kruskal-Wallis e maiúscula na coluna pelo teste Wilcoxon.

continuação...

Grupo da fauna	Época	Terços do Reflorestamento			Capinzal	Mata Secundária
		Inferior	Médio	Superior		
Heteroptera	Seca	1,9 aA	0,8 aA	1,7 aA	0,6 aA	0,4 aA
	Chuva	0,4 aA	1,2 aA	0,3 aB	0,0 aB	0,3 aA
Hymenoptera	Seca	3,1 aB	1,7 aA	1,6 aA	0,6 aB	2,6 aA
	Chuva	4,7 aA	4,4 aA	3,4 aA	1,5 aA	5,1 aA
Isopoda	Seca	2,0 aA	0,3 aA	4,0 aA	0,2 aA	2,5 aA
	Chuva	1,1 aA	2,3 aA	1,7 aA	0,5 aA	5,5 aA
Isoptera	Seca	0,2 aA	0,1 aA	0,3 aA	0,0 aA	0,0 aA
	Chuva	0,2 aA	0,2 aA	0,4 aA	0,2 aA	0,0 aA
Larvas	Seca	0,8 aA	2,3 aA	1,0 aA	0,4 aA	1,9 aA
	Chuva	0,7 aA	1,4 aA	2,0 aA	0,4 aA	2,1 aA
Opilionida	Seca	0,0 aA	0,0 aA	0,1 aA	0,0 aA	0,0 aA
	Chuva	0,2 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
Orthoptera	Seca	1,4 aB	1,3 aA	0,9 aA	0,5 aA	0,1 aB
	Chuva	3,3 aA	2,5 aA	1,7 abA	0,6 bA	0,7 abA
Pseudoscorpionida	Seca	0,0 aA	0,8 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
	Chuva	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
Psocoptera	Seca	0,2 aA	0,2 aA	0,1 aA	0,3 aA	0,1 aA
	Chuva	0,3 aA	0,2 aA	0,2 aA	0,1 aA	0,0 aA
Sternorhyncha	Seca	0,0 aA	0,1 aA	0,5 aA	1,7 aA	0,1 aA
	Chuva	0,2 aA	0,0 aA	0,2 aA	1,6 aA	0,1 aA
Strepsiptera	Seca	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
	Chuva	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,1 aA
Thysanoptera	Seca	0,5 aA	0,8 aA	1,3 aA	0,6 aB	0,7 aA
	Chuva	0,7 aA	0,3 aA	1,0 aA	2,2 aA	0,5 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Kruskal-Wallis e maiúscula na coluna pelo teste Wilcoxon.

Avaliando-se a quantidade de Collembolla nos três terços do reflorestamento, verifica-se maior número de indivíduos no Terço Superior seguido do Terço Médio e Inferior, observa-se também que o número de Collembolla foi maior na época chuvosa que na época seca para todas as áreas avaliadas, exceto para a área de Capinzal (Figura 27, Tabela 11). Segundo ASSAD (1997) a quantidade de Collembolla apresenta variações temporais que dependem da umidade, da espessura do horizonte orgânico, da macroporosidade do solo, bem como, do uso do solo. O maior acúmulo de serrapilheira no Terço Superior (Figura 25) pode explicar o maior número de indivíduos de Collembolla, uma vez que a serrapilheira é responsável pela manutenção da umidade do ambiente, além de fornecer alimento e abrigo.

Desconsiderando os grupos Collembolla e Formicidae, verificou-se que o maior número de indivíduos foi encontrado na parcela de Mata Secundária, seguida pelos terços do reflorestamento e, por fim pela parcela do Capinzal. Com relação aos valores obtidos para o índice de Shannon, observou-se que este foi superior nas parcelas do reflorestamento em comparação à Mata Secundária e foi menor na parcela de Capinzal (Tabela 12). O mesmo ocorreu com o índice de Pielou, com os maiores valores nos terços do reflorestamento, exceto no Terço Inferior, na época seca.

**Tabela 12.** Percentual dos grupos Collembolla e Formicidae (% C+F) em relação ao total de indivíduos, valores dos índices de Shannon e Pielou para os grupos de fauna, excluindo os grupos Collembolla e Formicidae, nas parcelas do reflorestamento, na parcela de Mata Secundária e na parcela de Capinzal, nas duas épocas de amostragem, no condomínio Portugal, Angra dos Reis.

Área\Época	Época seca			Época chuvosa		
	% C+F	Shannon	Pielou	% C+F	Shannon	Pielou
Capinzal	92,5	1,64	0,41	89,5	1,79	0,45
Mata	66,1	2,12	0,50	73,2	1,99	0,49
Terço Inferior	77,7	2,33	0,37	85,1	2,49	0,58
Terço Médio	82,4	2,47	0,58	86,6	2,42	0,60
Terço Superior	84	2,40	0,55	91,4	2,38	0,55

Nas Figuras 28 e 29 apresenta-se a distribuição dos grupos de fauna discriminando os grupos Collembolla e Formicidae nas áreas estudadas para a época seca e chuvosa, respectivamente. Em ambas as épocas pôde-se observar a dominância do grupo Acari na área de capinzal. Este grupo correspondeu a quase 60% do total de organismos encontrados, e quando somado aos grupos Araneae, Auchenorrhyncha e Sternorrhyncha correspondem a 80,20% do total de indivíduos na época seca. Para a época chuvosa quando somado aos grupos Auchenorrhyncha, Thysanoptera e Araneae representaram 75,2% do total dos indivíduos encontrados nesta parcela. Para a parcela de Mata Secundária e para as parcelas do reflorestamento, de maneira geral, observou-se uma distribuição mais equitativa entre os grupos, mas com destaque para os grupos Coleoptera, Diptera, Acari e Araneae, na época seca (Figura 28) e para os grupos Coleoptera, Diptera, Acari, Araneae, Hymenoptera, Archeognatha e Amphipoda na época chuvosa (Figura 29). REIS (2006) observou a presença dos grupos Coleoptera e Diptera nos sistemas em processo mais avançado de recuperação e na área de mata nativa, indicando serem grupos cuja atividade é favorecida em ambientes florestais.

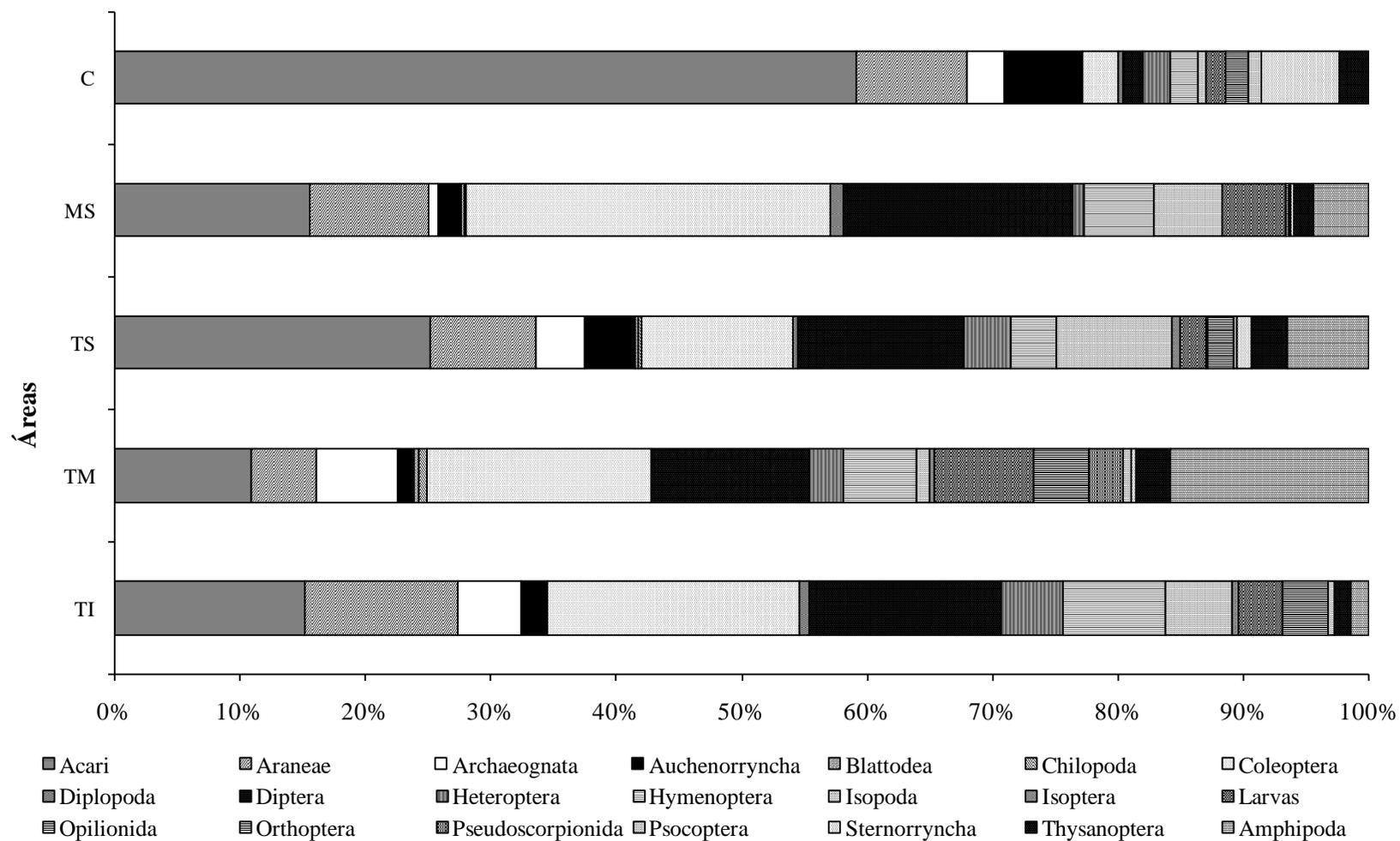
Em relação à presença dos grupos da fauna em resposta a cobertura vegetal observou-se que os grupos Auchenorrhyncha e Sternorrhyncha foram encontrados com maior frequência no capinzal. De acordo com AQUINO et al. (2008) pastagens contínuas podem aumentar a incidência de insetos fitófagos como estes. Por outro lado, grupos como Coleoptera, Diptera Araneae, Formicidae e as Larvas foram encontrados em maior frequência na Mata Secundária e nos terços do reflorestamento.

Os grupos Strepsiptera, Blattodea, Chilopoda, Amphipoda, Pseudoescorpionida e Opilionida foram encontrados apenas na Mata Secundária ou nos terços do reflorestamento. Strepsiptera foi encontrado apenas na Mata Secundária. A presença de grupos apenas em áreas com cobertura florestal é um indicativo da importância de um ambiente mais complexo, com oferta de recurso vegetal e condições ambientais. Pseudoescorpionida e Opilionida foram encontrados exclusivamente no reflorestamento. Pseudoescorpionida, presente apenas no Terço Médio do reflorestamento e Opilionida presente nos Terços Inferior e Superior. BRAGAGNOLO et al. (2007) citam o grupo Opilionida como um promissor indicador para estudos dos efeitos das ações antrópicas sobre as florestas tropicais uma vez que, refletem a qualidade e quantidade de habitats. Dessa forma, acompanhar a colonização de Opilionida ao longo dos anos é uma alternativa para verificar o estado de conservação do reflorestamento.

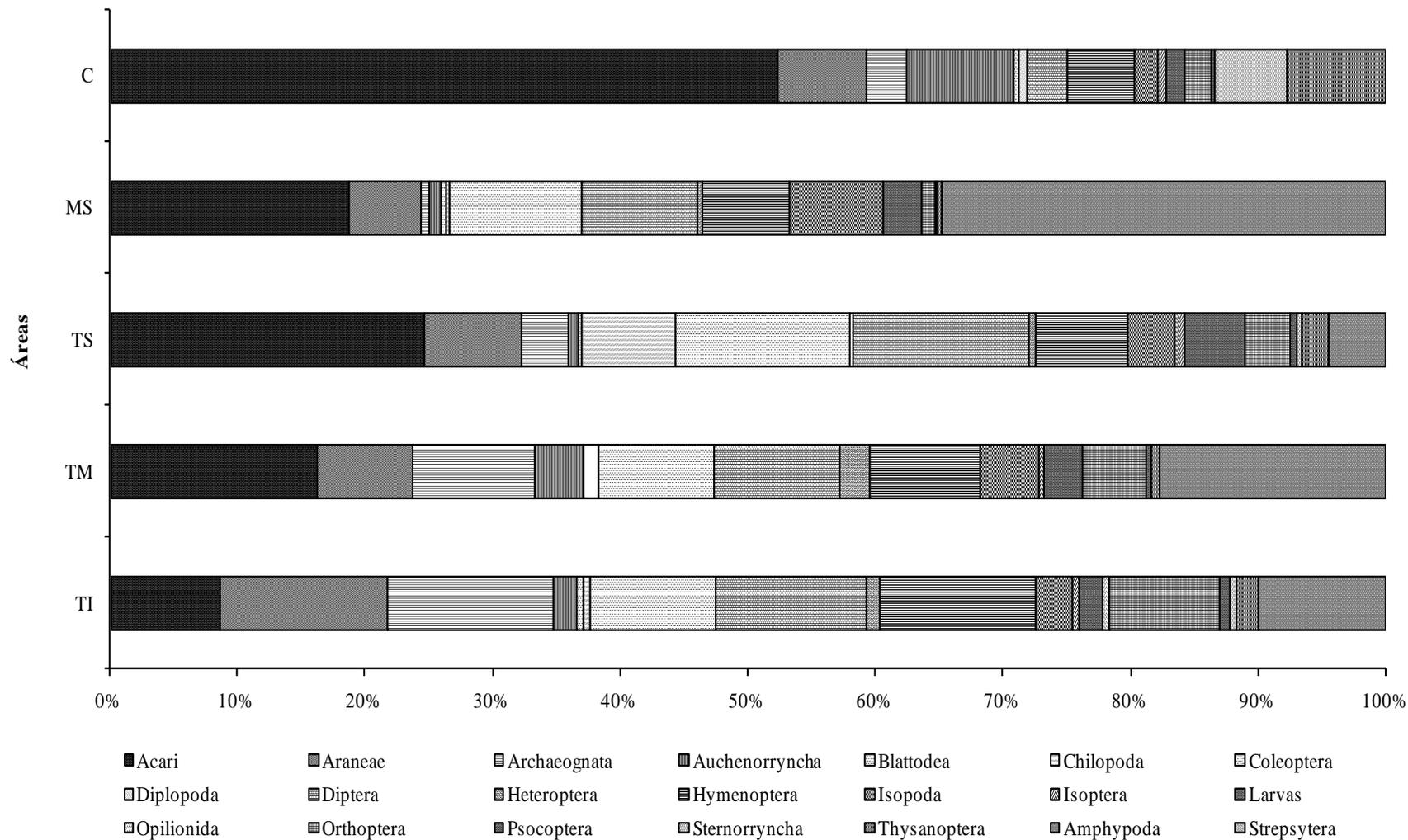
Com o objetivo de comparar as parcelas aqui estudadas foram realizadas análises de agrupamento (Figura 30). Pôde-se observar pelos agrupamentos referentes à época seca a formação de dois grupos principais, com a separação da parcela de capinzal das demais com cobertura florestal (Figura 30A e B). Na época chuvosa, dois grupos principais também foram observados, sendo que, quando se considerou os números absolutos de indivíduos de cada grupo da fauna, o Terço Superior separou-se das demais parcelas (Figura 30C) e, quando se utilizou uma transformação, onde o número de indivíduos foi transformado para uma variação entre 0 e 1, o Capinzal separou das demais parcelas (Figura 30D). A separação da parcela de Capinzal na época seca (Figura 30A) e da parcela do Terço Superior na época chuvosa (Figura 30C) provavelmente foi definida pela dominância de indivíduos do grupo Collembola nestas parcelas, como pode ser observado na Figura 27.

A transformação foi utilizada com o objetivo de dar o mesmo peso na análise a todos os grupos da fauna, uma vez que, o número de indivíduos do grupo Collembola foi mais alto que o número de indivíduos observado para os demais grupos. Neste caso, quando se utiliza um coeficiente de distância, diferenças elevadas de abundância dão mais peso no resultado final do agrupamento ao grupo mais abundante.

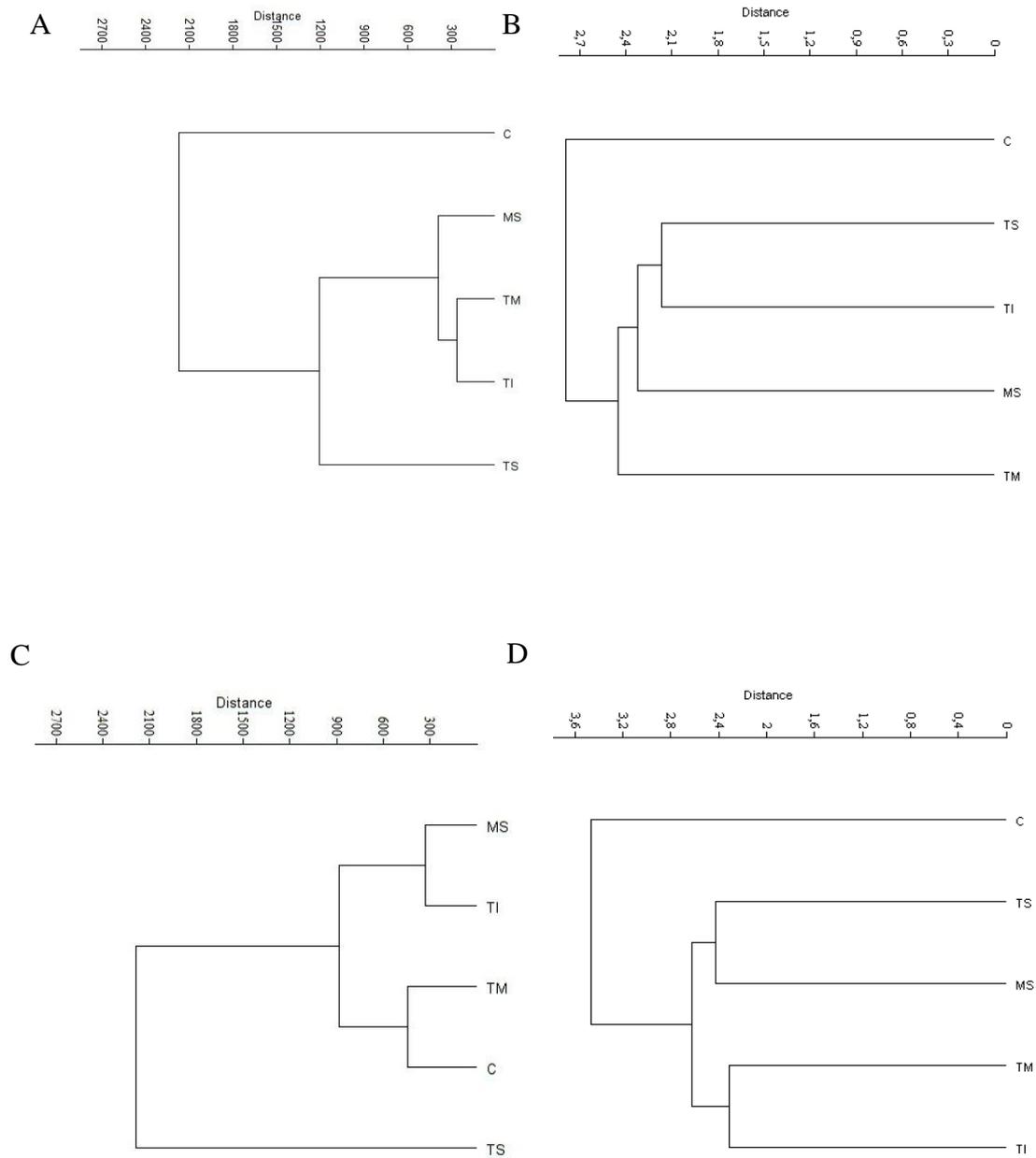
Considerando apenas os dois dendrogramas obtidos com os dados transformados pôde-se observar que a parcela de capinzal separou das demais e as parcelas do reflorestamento foram mais próximas da parcela de Mata Secundária (Figura 30B e D). Desta forma, os resultados mostram que a revegetação com leguminosas arbóreas utilizadas para recuperar essa encosta desflorestada tem proporcionado a colonização de uma comunidade de fauna mais próxima da fauna observada na parcela de Mata Secundária adjacente.



**Figura 28.** Composição relativa dos grupos de fauna do solo, excluindo os grupos Collembola e Formicidae, nas parcelas do reflorestamento Terço Inferior (TI), Terço Médio (TM), Terço Superior (TS), na parcela de Mata Secundária (MS) e na parcela de Capinzal (C), na época seca, no condomínio Portugal, Angra dos Reis.



**Figura 29.** Composição relativa dos grupos de fauna do solo, excluindo os grupos Collembola e Formicidae, nas parcelas do reflorestamento Terço Inferior (TI), Terço Médio (TM), Terço Superior (TS), na parcela de Mata Secundária (MS) e na parcela de Capinzal (C), na época chuvosa, no condomínio Portugal, Angra dos Reis.



**Figura 30.** Dendrogramas de distância entre as parcelas do reflorestamento Terço Inferior (TI), Terço Médio (TM), Terço Superior (TS), a parcela de Mata Secundária (MS) e a parcela de capinzal (C), construídos com o método de agrupamento UPGMA e a distância euclidiana, para os grupos da fauna, considerando: (A) o número absoluto de indivíduo de cada grupo na época seca; (B) o número proporcional de indivíduos de cada grupo transformado para uma escala entre 0 e 1, na época seca; (C) o número de indivíduo de cada grupo na época chuvosa e, (D) o número proporcional de indivíduos de cada grupo transformado para uma escala entre 0 e 1, na época chuvosa, no condomínio Portugal, Angra dos Reis.

### 3.2.2 Monitoramento da fauna do solo

A comparação dos resultados apresentados para a fauna do solo entre os dados de CHADA (2001) e os dados aqui apresentados foi realizada com base nos valores da época chuvosa, pois em 2000 não foi realizada a caracterização da fauna na época seca (Tabela 13). Para isso, os dados do levantamento realizado de 2010 foram analisados de forma similar que o realizado em 2000. Assim, o grupo Oligochaeta, contabilizado no levantamento de 2000 também foi considerado para esta comparação; as larvas foram classificadas e separadas por ordem, de forma que cada ordem compôs um grupo de fauna e os grupos Auchenorrhyncha e Sternorrhyncha, que foram em 2000 classificados como Homoptera foram aqui agrupados.

Foi possível verificar aumento no número de indivíduos por armadilha por dia no fragmento de Mata Secundária e no Capinzal. Contrariamente, verificou-se redução acentuada do número de indivíduos por armadilha por dia nos três terços do reflorestamento, especialmente nos Terços Médio e Superior. Entretanto, quando excluído o grupo Collembola pôde-se notar aumento do número de indivíduos por armadilha por dia para todas as parcelas avaliadas (Tabela 13).

Comparando os dados com e sem o grupo Collembola, nota-se que embora tenha ocorrido uma dominância deste grupo em ambos os levantamentos esta dominância foi mais acentuada no ano de 2000 (Tabela 13). A diminuição no número de Collembola observada em 2010 aparentemente está relacionada à qualidade da serrapilheira depositada, que foi alterada pelo incremento de diversidade de plantas. No ano de 2000, embora tenha sido encontrado 49 novas espécies de plantas, estas provavelmente contribuíram pouco para a formação da serrapilheira em comparação com a produção das leguminosas, o que foi alterado no ano de 2010. Em 2010, o estabelecimento de indivíduos adultos implicou em uma composição heterogênea da serrapilheira permitindo a colonização de novos grupos da fauna, bem como, incremento de grupos que antes apresentavam abundâncias baixas. Outra possibilidade pode estar relacionada ao desenvolvimento de teias alimentares mais complexas com maior número de predadores, que pode ter contribuído para a diminuição do grupo Collembola. De acordo com SAUTTER (2006) Collembola são dominantes em estágio inicial de sucessão, representando cerca de um terço da abundância e metade da biomassa da população da mesofauna edáfica.

Os resultados obtidos mostram tendência de incremento na complexidade da comunidade de fauna do solo verificado pelo aumento no índice de Shannon, índice de Pielou e na riqueza para todas as áreas estudadas em 2010. Quando excluído o grupo Collembola verificou-se altos valores de uniformidade no ano 2000, indicando que na ocasião não havia um segundo grupo dominante (Formicidae) como ocorreu no ano 2010. Os valores de riqueza encontrados nos três terços do reflorestamento foram semelhantes ao da Mata Secundária. O aumento da riqueza das espécies florestais refletiu no aumento na riqueza da fauna do solo, possivelmente pela produção de serrapilheira heterogênea que comporta maior número de grupos, como já citado anteriormente. Resultados semelhantes foram encontrados por JANSEN (1997) ao avaliar plantios com diferentes idades em uma floresta tropical na Austrália. Este autor verificou que o plantio mais antigo tornou-se mais semelhante a uma floresta nativa diferente do encontrado em nos plantios mais jovens com menor cobertura vegetal. Da mesma forma, MOREIRA (2010) estudando área revegetadas com diferentes idades em Porto Trombetas-PA verificou aumento na riqueza de grupos de fauna do solo conforme aumentou a idade dos plantios e, que os plantios mais antigos apresentam valores próximos a Mata usada como controle.

Segundo CORREIA (2002b) comunidades simples podem ser facilmente desestruturadas. O aumento dos valores de riqueza e de diversidade de Shannon e sua

similaridade com os valores encontrados no fragmento de Mata Secundária sugerem que o reflorestamento apresenta-se mais estável em 2010.

**Tabela 13.** Número de indivíduos por armadilha por dia, índice de Shannon, riqueza total, e equitabilidade de Pielou para os grupos da fauna do solo encontrados, na época chuvosa, nas parcelas do reflorestamento (Terço Inferior, Terço Médio e Terço Superior), na área de Mata secundária e na área de Capinzal, nos anos de 2000 e 2010, no condomínio Portugal, Angra dos Reis.

Com Collembolla										
Área\Ano	Terço Inferior		Terço Médio		Terço Superior		Mata Secundária		Capinzal	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010
Ind.arm.dia <sup>-1</sup>	76,9	36,1	258,7	54,98	310,1	79,01	16,8	40,51	15,6	39,07
Shannon	0,16	1,93	0,07	1,63	0,04	1,42	0,50	2,22	0,18	1,31
Riqueza total	18	22	18	20	18	23	20	21	12	17
Pielou	0,12	0,43	0,05	0,37	0,03	0,31	0,38	0,5	0,16	0,32
Sem Collembolla										
Área\Ano	Terço Inferior		Terço Médio		Terço Superior		Mata Secundária		Capinzal	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010
Ind.arm.dia <sup>-1</sup>	10,13	15,44	8,8	15,97	5,9	22,71	8,1	18,29	3,4	9,53
Shannon	0,82	2,18	0,84	2,55	0,87	1,9	0,98	2,7	0,56	1,9
Riqueza total	17	21	17	19	17	22	19	20	11	16
Pielou	0,66	0,49	0,68	0,59	0,70	0,42	0,76	0,62	0,53	0,47

Para comparar os terços do reflorestamento com as parcelas de Mata Secundária e de Capinzal calculou-se o índice de mudança considerando estas duas últimas como referência de áreas sem manejo (Tabelas 14 e 15). Com base na comparação com a Mata Secundária (Tabela 14) observou-se que, no ano 2000, dos 16 grupos considerados nove, sete, seis e quatro grupos apresentaram algum grau de estimulação, sete, nove, nove e 10 grupos apresentaram algum grau de inibição nas parcelas de Terço Inferior, Terço Médio, Terço Superior e Capinzal, respectivamente. Para o ano de 2010 observou-se uma tendência de redução do número de grupos com inibição e aumento do número de grupos na categoria sem alteração e na categoria estimulação para todas as parcelas avaliadas (Tabela 14). De maneira geral, analisando os dados do índice de mudança (V) verificou-se que os grupos de fauna do solo responderam as mudanças ocorridas na vegetação do reflorestamento, aproximando-se dos valores encontrados na Mata Secundária.

No Terço Superior foi onde ocorreu a maior mudança no comportamento dos grupos de fauna do solo. Em 2000 foram nove os grupos inibidos em algum grau e no ano 2010 foram apenas quatro.

Do ano 2000 para 2010 chamam a atenção os grupos Araneae, Archaeognatha, Diplopoda, Heteroptera, Isoptera, Orthoptera antes com algum grau de inibição passaram para a condição de estimulação ou sem alteração. Por outro lado, alguns grupos como o Collembolla passou da categoria de estimulação extrema em 2000 para as categorias sem alteração, estimulação leve e estimulação moderada em 2010 no reflorestamento; o grupo Isopoda passou de estimulação leve e moderada para inibição moderada e o grupo Hymenoptera que passou para categoria de inibição leve e sem alteração.

Para os grupos Amphypoda, Coleoptera e Heteroptera observou-se que estes foram enquadrados em categorias de inibição para a maior parte das áreas, tanto em 2000 quanto em 2010 (Figura 14). Entretanto, ao avaliar as categorias para estes grupos obtidas com o cálculo do índice de mudança em relação ao capinzal (Tabela 15) pôde-se perceber que estes foram enquadrados em categorias de estimulação para todas as áreas, tanto em 2000 quanto em 2010. Assim, este comportamento sugere que para uma adequada avaliação do índice de mudança, para esta situação, onde os reflorestamentos foram implantados em áreas abandonadas colonizadas por Capinzal deve ser feita de forma combinada considerando o capinzal e a Mata Secundária como áreas não manejadas (controle).

Pôde-se perceber ao considerar a área de Capinzal como área controle, que um número maior de grupos da fauna se enquadraram nas categorias de estimulação, isto reforça novamente a idéia de que o reflorestamento com leguminosas tem possibilitado o incremento no número de indivíduos para os diferentes grupos da fauna avaliados neste reflorestamento. Provavelmente isto se deve a uma maior diversidade de recursos de nichos e maior estabilidade ambiental que estes grupos encontram nas áreas de Mata Secundária e nos terços do reflorestamento como resultado de uma maior cobertura vegetal.

**Tabela 14.** Classificação dos grupos da fauna nas categorias inibição extrema (IE), inibição moderada (IM), inibição leve (IL), sem alteração (SA), estimulação leve (EL), estimulação moderada (EM) e estimulação extrema (EE) de acordo com a faixa de variação do índice de mudança calculado em relação à Mata Secundária para as parcelas do reflorestamento Terço Inferior (TI), Terço Médio (TM) e Terço Superior (TS) e para a área de Capinzal, nos anos de 2000 e 2010, no condomínio Portugal, Angra dos Reis.

Grupos da Fauna\Ano	2000				2010			
	TI	TM	TS	C	TI	TM	TS	C
Acari	EL	IL	IM	SA	IM	IL	SA	SA
Amphypoda	EL	IE	IE	IE	IE	IM	IE	IE
Araneae	IL	IL	IL	IL	EL	SA	SA	IL
Archaeognata	IM	IM	IM	EL	EE	EE	EM	EL
Coleoptera	IL	EL	IL	IE	IL	IL	SA	IE
Collembola	EE	EE	EE	EL	SA	EL	EM	EL
Diplopoda	IE	IE	IE	IE	SA	SA	EE	EE
Diptera	IL	IL	IL	IE	IL	IL	SA	IE
Formicidae	EM	EL	EL	SA	EL	EL	EL	IL
Heteroptera	EL	IM	IM	IE	EL	EM	SA	IE
Homoptera	EM	EL	EL	EL	EL	EM	IL	EE
Hymenoptera	EL	EL	SA	IE	SA	IL	IL	IM
Isopoda	EL	EM	EL	IE	IM	IM	IM	IE
Isoptera	IE	IE	IE	IE	EE	EE	EE	EE
Orthoptera	IL	IL	EL	EL	EM	EM	EM	IL
Thysanoptera	EL	EL	EL	IM	EM	SA	EM	EE

**Tabela 15.** Classificação dos grupos da fauna nas categorias inibição extrema (IE), inibição moderada (IM), inibição leve (IL), sem alteração (SA), estimulação leve (EL), estimulação moderada (EM) e estimulação extrema (EE) de acordo com a faixa de variação do índice de mudança calculado em relação ao Capinzal para as parcelas do reflorestamento Terço Inferior (TI), Terço Médio (TM) e Terço Superior (TS) e para a área de Capinzal, nos anos de 2000 e 2010, no condomínio Portugal, Angra dos Reis.

Grupos da Fauna\Ano	2000				2010			
	TI	TM	TS	MS	TI	TM	TS	MS
Acari	EM	IL	IL	SA	IM	IM	IL	IL
Amphipoda	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE
Araneae	IL	SA	SA	EL	EM	EL	EL	EL
Archaeognata	IM	IM	IM	IM	EE	EM	EL	IL
Coleoptera	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE
Collembola	EE	EE	EE	IL	IL	EL	EL	IL
Diplopoda	SA	SA	SA	EE	IE	IE	IM	IE
Diptera	EE	EM	EM	EE	EM	EM	EE	EE
Formicidae	EL	EL	EL	SA	EL	EL	EM	EL
Heroptera	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE
Homoptera	EL	IL	EL	IL	IM	IM	IE	IE
Hymenoptera	EE	EE	EE	EE	IM	EM	EM	EM
Isopoda	EE	EE	EE	EE	EM	EM	EM	EE
Isoptera	SA	SA	SA	EE	SA	SA	EL	IE
Orthoptera	IM	IL	SA	IL	EE	EM	EM	EL
Thysanoptera	EM	EM	EM	EL	IM	IM	IM	IE

#### 4. CONCLUSÕES

O reflorestamento com leguminosas arbóreas inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares atingiu níveis de fertilidade do solo semelhantes ao da Mata Secundária.

Os maiores estoques de biomassa e de nutrientes da serrapilheira foram registrados nos terços do reflorestamento -com exceção do Cálcio na Mata secundária- condicionando a área para a entrada de espécies mais exigentes nutricionalmente.

Em comparação com o ano 2000, os estoques de biomassa de serrapilheira foram menores para todas as áreas. A diminuição do estoque de biomassa resultou na diminuição nos estoques de nutrientes.

Observou-se maior diversidade de fauna em áreas com cobertura florestal, com valores semelhantes entre a Mata Secundária e os três terços do reflorestamento, indicando a eficiência da utilização de leguminosas em promover a recolonização da fauna do solo em áreas degradadas.

Em relação à dinâmica da fauna do solo ao longo dos 10 anos, verificou-se uma comunidade de fauna do solo consolidada com o aumento da diversidade e riqueza. A diminuição do grupo Collembola foi um bom indicativo do aumento da diversidade vegetal, que refletiu em uma maior uniformidade dos grupos da fauna do solo.

## CONCLUSÕES GERAIS

O plantio de leguminosas arbóreas nativas e exóticas em área degradada inibiu o desenvolvimento de gramíneas e ativou o processo sucessional, restabelecendo processos ecológicos.

A presença de remanescentes próximos e bem conservados, mas principalmente a presença da fauna dispersora, foi determinante no incremento da diversidade no reflorestamento.

Cumprida a função de supressão de gramíneas, melhoria das condições edáficas e mudanças no microclima, as leguminosas plantadas estão saindo do sistema, dando lugar as espécies regionais.

A área abandonada com predominância de gramíneas, não apresenta regeneração de espécies arbustivo-arbóreas, e possivelmente sem intervenção antrópica nesta área não ocorrerá incremento da diversidade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os três terços do reflorestamento apresentaram diferenças quanto à composição de espécies de plantas. Verificou-se, porém, que independentemente das diferenças observadas, estas áreas estão passando por um processo de sucessão vegetal, caracterizado pela mudança gradativa de espécies vegetais, onde as espécies plantadas dão lugar a novas espécies, oriundas de fragmentos próximos. Concomitantemente observa-se nestas áreas uma consolidação dos grupos da fauna do solo, tanto em termos de riqueza quanto em termos de abundância. A consolidação da fauna, por sua vez, possivelmente está associada ao incremento de heterogeneidade da composição da serrapilheira depositada no solo e dos efeitos desta deposição sobre as propriedades químicas e físicas do solo. Desta forma, conforme sugerido por REIS & KAGEYAMA (2008) a sucessão é um processo complexo, caracterizado por mudanças gradativas e concomitantes nas características do solo, da fauna do solo e de toda a comunidade de plantas, tanto a vegetação adulta, como o estrato regenerativo e o banco de sementes.

Após 17 anos do plantio pôde-se verificar o êxito do projeto através da presença de alguns atributos propostos pela Sociedade Internacional para Restauração Ecológica (SER). Estes atributos demonstram uma trajetória adequada do desenvolvimento do ecossistema. Neste trabalho foi possível verificar a existência de alguns destes atributos, entre estes pode-se citar que:

1- O reflorestamento apresenta um conjunto característico de espécies que ocorreram no ecossistema de referência. Apesar da composição florística da Mata Secundária mostrar baixa similaridade com o reflorestamento, verificou-se a presença de espécies comuns nas áreas e como observado por CHADA (2001) o reflorestamento provavelmente receba propágulos de outros fragmentos. Neste atributo pode-se citar também a comunidade de fauna do solo, que apesar da caracterização não ter chegado a nível de espécies foi possível verificar valores semelhantes entre as comunidades a nível de grupos.

2- O reflorestamento possui em sua composição maior número de espécies nativas, pois mesmo utilizando espécies exóticas no início do plantio estas estão saindo do sistema restando apenas 34 indivíduos dos 211 encontrados na avaliação realizada em 2000. Além dos indivíduos plantados existem outras espécies exóticas no reflorestamento em baixa densidade como, por exemplo, *Syzigium jambos* e *Syzygium cumini* que servem de alimento para a fauna e que provavelmente foram dispersas por estas.

3- No reflorestamento foi possível observar a presença de espécies vegetais dos grupos ecológicos pioneiras, secundárias e clímax, bem como, grupos de fauna com hábito saprófago, predador e larvas de inseto que pertencem a diferentes grupos funcionais necessários para o desenvolvimento contínuo e/ou estabilidade do ecossistema.

4- A presença de um banco de sementes diverso, abundante em sua composição de espécies pioneiras e o alto número de indivíduos no estrato regenerativo no reflorestamento sugere que o ecossistema já apresenta resiliência para suportar eventos estressantes.

Além de possibilitar o restabelecimento de processos e funções no ecossistema, o plantio de leguminosas arbóreas atendeu a demanda do condomínio em mitigar os processos erosivos e restabelecer a beleza cênica. Observou-se também que neste período de avaliação ocorreram eventos climáticos extremos na região sul fluminense e não houve dano no reflorestamento, enfatizando o papel da vegetação na estabilização das encostas. Sugere-se com base nestes resultados e no interesse da direção do condomínio em restaurar as encostas, a continuação dos plantios visando agora a conectividade dos fragmentos florestais.

Quanto à utilização de espécies exóticas, as espécies plantadas não se mostraram dominantes na comunidade, e a única espécie que necessita ser assistida pela elevada ocorrência é a espécie nativa *Guarea guidonia*, mostrando que origem da espécie não foi o

fator mais importante nesta área. A elevada ocorrência de *Guarea guidonia* tem sido observada em outros estudos e uma possibilidade é que essa espécie apresente efeito alelopático sobre as outras espécies. No entanto estudos a respeito devem ser realizados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, A.M. de; CORREIA, M.E.F.; ALVES, M.V. **Biodiversidade da macrofauna edáfica no Brasil**. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. (Org.). Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros. Lavras, MG: UFLA. 2008, p. 147-175.
- AQUINO, A.M. de; AGUIAR-MENEZES, E.L.; QUEIROZ, J.M. de. **Recomendação para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (pit-fall traps)**. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2006. 8 p. (Circular Técnica, 18).
- ASSAD, M.L.L. **Fauna do solo**. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. Biologia dos solos dos Cerrados. Planaltina, EMBRAPA – CPAC. 1997, p. 363-443.
- BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. O banco de sementes de um trecho de Floresta Atlântica Montana (São Paulo, Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, v.59, n.2, p.319-328, 1999.
- BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. The soil seed bank during Atlantic Forest regeneration in Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v.61, n.1, p.35-44, 2001.
- BALIEIRO, F.C.; DIAS, L.E.; FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C.; de FARIA, S.M. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na manta orgânica e decomposição de filóides de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, v.14, p.59-65, 2004.
- BARROS, E.; MATHIEU, J; TAPIACORAL, S.C.; NASCIMENTO, A.R.; LAVELLE, P. **Comunidades da Macrofauna do Solo na Amazônia Brasileira**. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. (Org.). Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros. Lavras, MG: UFLA, 2008, p.171-191.
- BELLOTTO, A.; VIANI, R.A.G.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. **Inserção de outras formas de vida no processo de restauração**. In: RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009, p.59-65.
- BORÉM, R.A.T.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Fitossociologia do estrato arbóreo em uma topossequência alterada de Mata Atlântica, município de Silva Jardim-RJ, Brasil. **Revista Árvore**, v.26, p.727-742, 2002.
- BRAGAGNOLO, C.; NOGUEIRA, A.; PINTO-DA-ROCHA, R.; PARDINI, R Harvestmen in an Atlantic forest fragmented landscape evaluating assemblage response to habitat quality and quantity. **Biological Conservation**, v.139, p.389-400, 2007.
- BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P.Y.; NAVE, A.G.; GANDARA, F.B.; BARBOSA, L.M.; TABARELLI, M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, v.34, p.455-470, 2010.

CAMPELLO, E.F.C. **A influência de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na sucessão vegetal em áreas degradadas na Amazônia**. 1998. 121f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CAMPOS, J.C.; LANDGRAF, P.R.C. Análise da regeneração natural de espécies florestais em matas ciliares de acordo com a distância da margem do lago. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 2, p.143-151, 2001.

CARVALHO, F.A.; NASCIMENTO, M.T.; BRAGA, J.M.A. Composição e riqueza florística do componente arbóreo da Floresta Atlântica submontana na região de Imbaú, município de Silva Jardim, RJ. **Acta Botanica Brasílica**, v.20, p.727-740, 2006.

CARVALHO, F.A.; NASCIMENTO, M.T. Estrutura diamétrica da comunidade e das principais populações arbóreas de um remanescente de Floresta Atlântica Submontana (Silva Jardim-RJ, Brasil). **Revista Árvore**, v.33, n.2, p.327-337, 2009.

CHADA, S.S. **Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis – RJ**. 2001. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

CONDOMÍNIO PORTOGALO. História. Disponível em <<http://www.portogalo.com.br/historia/index.html>>. Acesso em 18/10/2010.

COPATTI, C.E.; DAUDT, C.R. Diversidade de artrópodes na serrapilheira em fragmentos de mata nativa e *Pinus elliotti*. **Ciência e Natura**, v.31, n.1, p 95-113, 2009.

CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. **Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes**. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999, p-197-226.

CORREIA, M.E.F. **Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002a, 23p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 157).

CORREIA, M.E.F. **Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas**. Seropédica: Embrapa-agrobiologia, 2002b, 33p. (Embrapa Agrobiologia. Documento, 156).

CORREIA, M.E.F.; REIS, L.L.; CAMPELLO, E.F.C.; FRANCO, A.A. Populações de macrofauna do solo em agricultura itinerante na região de Mata Atlântica, RJ. In: Workshop: O USO DA MACROFAUNA EDÁFICA NA AGRICULTURA DO SÉCULO XXI: A IMPORTÂNCIA DOS ENGENHEIROS DO SOLO. Anais... Londrina-PR: EMBRAPA SOJA, 2003. p.200-220.

de LUCCA, C.A.T. Sucessão ecológica em áreas desmatadas: um estudo de caso. **IPEF Série Técnica**, v.8, n.25, p.1-43, 1992.

de SOUZA, F.A.; SILVA, E.M.R. **Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas degradadas.** In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.) Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas. Lavras-MG: Ed. UFLA, 1996, p.255-282.

DIAS, L.E.; FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C. **Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas.** In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; de BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: SBCS, 2007, p.955-1016.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de Métodos de Análise de Solos.** 2. ed.rev.e atual. Rio de Janeiro,1997, 212p.

ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A.. **Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais.** In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL V.L.; GANDARRA, F.B. (Org.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2008, p.1-26.

EWEL, J.J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **Journal of Ecology**, v.64, p-293-308, 1976.

FERREIRA, R.L.; MARQUES, M.M.G.S.M. A fauna de artrópodes de serrapilheira de áreas de monocultura com Eucalyptus sp. e mata secundária heterogênea. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 3, n. 27, p. 395-403, 1998.

FINOL, U.H. Nuevos parametros a considerarse en el analisis estrutural de las selvas virgenes tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, v.18, n.12, p.29-42, 1971.

FRANCO, A.A.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M. de; CAMPELLO, E.F.C.; SILVA, E.M.R. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: Um modelo tecnológico. **Oecologia Brasilienses**, v. 1, p.459-467, 1995.

FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M. de. **Uso de leguminosas associadas a microrganismos na revegetação de áreas de mineração em Porto Trombetas, PA.** Série Documentos. Embrapa Agrobiologia, Itaguaí. 1996.

FRANCO, A.A.; RESENDE, A.S. de; CAMPELLO, E.F.C. Introdução das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. In: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003, CAMPO GRANDE. Anais...Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento sustentável. Campo Grande: Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, p. 1-24, 2003.

FREITAS, G.K.; PIVELLO, V.R. **A ameaça das gramíneas exóticas à biodiversidade.** In: V.R. PIVELLO; E.M. VARANDA. (Org.). O Cerrado Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga, São Paulo) - Ecologia e Conservação. 1 ed. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2005, p.283-296.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. **Status do hotspot Mata Atlântica: uma síntese.** In: C. GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. (eds.). Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e

perspectivas. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica - Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005, p.3-12.

GONÇALVES, J.L.M.; NOGUEIRA JR, L.R.; DUCATTI, F. **Recuperação de solos degradados**. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL V.L.; GANDARRA, F.B. (Eds). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2008, p.111-163.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. **Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização**. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V.. (Org.). Nutrição e Fertilização Florestal. 1 ed. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000, p.309-350.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v.4, n1, p-1-9, 2001.

HIGUCHI, P. **Dinâmica da regeneração natural da vegetação arbórea em um fragmento de floresta estacional semidecidual secundária, em Viçosa, MG**. 2003. 137f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HIGUCHI, P.; REIS, M.G.F.; REIS, G.G. REIS, G.G.; PINHEIRO, A.L., SILVA, C.T.; OLIVEIRA, C.H.R. Composição florística da regeneração natural de espécies arbóreas ao longo de oito anos em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.30, n.6, p.893-904, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Banco de Dados. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/climatologia/index.jsp>>. Acesso em 15/11/2010.

ISERNHAGEN, I.; BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G.; GANDOLFI, S. **Diagnóstico ambiental das áreas a serem restauradas visando a definição de metodologias de restauração florestal**. In RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. (Orgs.). Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: Referencial dos Conceitos e Ações de Restauração Florestal. São Paulo: LERF/ESALQ/USP-Instituto BioAtlântica, 2009, p. 91-130.

JANSEN, A. Terrestrial invertebrate community structure as an indicator of the success of a tropical restoration project. **Restoration Ecology**, v.5, n.2, p.115-124, 1997.

JESUS, E.C.; SCHIAVO, J.A.; FARIA, S.M. Dependência de micorrizas para a nodulação de leguminosas arbóreas tropicais. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 545-552, 2005.

LAURANCE, W.F.. Conserving the hottest of the hotspots. **Biological Conservation**, v. 142, n.6, p.1137, 2009.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, n.33, p-3-16, 1996.

LIEBSCH, D.; GOLDENBERG, R.; MARQUES, M.C.M. Florística e estrutura de comunidades vegetais em uma cronosequência de Floresta Atlântica no Paraná. **Acta botanica Brasílica**, v.21, p.983-992, 2007.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**. Manual de identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. 5. Ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, vol.1, 2008, 384p.

MACEDO, M.O. **Estoque de carbono, nitrogênio e fertilidade do solo em áreas em recuperação com leguminosas e em sistema de agricultura itinerante de alta produtividade**. 2007. 87f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ.

MARTINS, S.V.; ALMEIDA, D.P.; FERNANDES, L.V.; RIBEIRO, T.M. Banco de sementes como indicador de restauração de uma área degradada por mineração de caulim em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, v. 32, p. 1081-1088, 2008.

MENEZES, C.E.G.; CORREIA, M.E.F.; PEREIRA, M.G.; BATISTA, I.; RODRIGUES, K.M.; COUTO, W.H.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, I.P. Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de floresta estacional semidecídua e pastagem mista em Pinheiral, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1647-1656, 2009.

METZGER, J.P. **Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas?** In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL V.L.; GANDARRA, F.B. (Org.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2008, p.51-76.

MOÇO, M.K.; GAMA-RODRIGUES, E.F. da; GAMA-RODRIGUES, A.C. da; CORREIA, M.E.F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.555-564, 2005.

MORAES, L.F.D.; ASSUMPCÃO, J.M.; LUCHIARI, C.; PEREIRA, T.S. Plantio de espécies arbóreas nativas para a restauração ecológica na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguesia**, v. 57, p. 477-489, 2006.

MORAES, L.F.D.; CAMPELLO, E.F.C.; PEREIRA, T.S.; LOSS, A. Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ. **Ciência Florestal**, v. 18, p. 193-206, 2008.

MORAES, L.F.D. de; CAMPELLO, E.F.C.; FRANCO, A.A. Restauração Florestal: do Diagnóstico de Degradação ao Uso de Indicadores Ecológicos para o Monitoramento das ações. **Oecologia brasiliensis**, v. 14, p. 437-451, 2010.

MORALES, J.; SARMIENTO, L. Dinámica de los macroinvertebrados edáficos y su relación con la vegetación en una sucesión secundaria en el paramo venezolano. **Ecotropicos**, v.15, p.99-110, 2002.

MOREIRA, J. F. **Fauna do solo como bioindicador no processo de revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas-PA** 2010. 96p. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ.

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

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

NÓBREGA, A.M.F.; Valeri, S.V.; PAULA, R.C.; PAVANI, M.C.M.D.; SILVA, S.A. Banco de sementes de remanescentes naturais e de áreas reflorestadas em uma várzea do Rio Mogi-Guaçu – SP. **Revista Árvore**, v.33, n.3, p.403-411, 2009.

NUNES, L.A.P.L.; ARAUJO FILHO, J.A.; MENEZES, R.I.Q. Recolonização da fauna edáfica em áreas de caatinga submetida a queimadas. **Revista Caatinga**, v.21, p.214-220, 2008.

OLIVEIRA, R.R. Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e composição da Mata Atlântica na Ilha Grande, RJ. **Rodriguésia**, v.53, n.82, p.33-58, 2002.

PARROTA, J.A.; KNOWLES, O.H. **Restauração florestal em áreas de mineração de bauxita na Amazônia**. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (Org). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2008, p. 309-330.

PEIXOTO, G.L.; MARTINS, S.V.; SILVA, A.F.; SILVA, E. Composição florística do componente arbóreo de um trecho de Floresta Atlântica na Área de Proteção Ambiental da Serra da Capoeira Grande, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v.18, p.151-160, 2004.

PEREIRA, J.A.A.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; LEMOS FILHO, J.P. Environmental heterogeneity and disturbance by humans control much of the tree species diversity of Atlantic montane forest fragments in SE Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v.16, p.1761-1784, 2007.

PESSOA, S.V.A.; OLIVEIRA, R.R. Análise estrutural da vegetação arbórea em três fragmentos florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v.57, p.391-412, 2006.

PINTO, L.V.A.; BOTELHO, S.A.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; DAVIDE, A.C. Estudo da vegetação como subsídio para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Revista Árvore**, v.29, p.775-794, 2005.

PINTO, L.P.; HIROTA, M.; CALMON, M.; RODRIGUES, R.R.; ROCHA, R. **A Mata Atlântica**. In RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. (Orgs.). Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: Referencial dos Conceitos e Ações de Restauração Florestal. São Paulo: LERF/ESALQ/USP-Instituto BioAtlântica, 2009, p.10-12.

REIS, A.; ZAMBONIM, R.M.; NAKAZONO, E.M. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal**. Série Cadernos da Biosfera, n. 14, p.1-42, 1999.

REIS, A.; BECHARA, F.C.; ESPÍNDOLA, M.B. de; VIEIRA, N.K. Restauração de Áreas Degradadas: A Nucleação como Base para os Processos Sucessionais. **Revista Natureza & Conservação**, v.1, n. 1, p.28-36, 2003.

REIS, A.; KAGEYAMA, P.Y. **Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas**. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (Org). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2008, p.91-110.

REIS, L.L. **Monitoramento da recuperação ambiental de áreas de mineração de bauxita na Floresta Nacional de Saracá –Taquera, Porto Trombetas, PA**. 2006. 159 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.142, n.6, p.1141-1153, 2009.

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S.V.; LEITE, H.G. Avaliação do potencial da transposição da serrapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 34, p. 65-73, 2010.

RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. 2. ed. São Paulo: Instituto Bioatlântica, 2009. 264p.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G.; ATTANASIO, C.M. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 55, p.7-21, 2007.

RUIZ-JAEN, M.C.; AIDE, T.M. Restoration success: how is it being measured? **Restoration Ecology**, v.13, p.569-577, 2005.

SATO, T.M.; PASSOS, F.C.; NOGUEIRA, A.C. Frugivoria de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em *Cecropia pachystachya* (Urticaceae) e seus efeitos na germinação das sementes. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 48, p.19-26, 2008.

SAUTTER, K.D. Fauna edáfica na dinâmica de solos em processo de recuperação. Disponível em < [http://www.sobrade.com.br/eventos/2005/visinrad/palestras/klaus\\_dieter\\_sautter\\_fauna\\_edafica.pdf](http://www.sobrade.com.br/eventos/2005/visinrad/palestras/klaus_dieter_sautter_fauna_edafica.pdf) >. Acesso em 12/12/2010.

SER- The Society for Ecological Restoration. The SER International Primer On Ecological Restoration. Disponível em < [https://www.ser.org/pdf/SER\\_Primer\\_Portuguese.pdf](https://www.ser.org/pdf/SER_Primer_Portuguese.pdf) >. Acesso em 05/12/2010.

SHEPHERD, G.J. Fitopac 1.6: **Manual do usuário**. Campinas, Universidade de Campinas- Departamento de Botânica, 2006.

SIQUEIRA, J.O.; SOARES, C.R.F.S.; SANTOS, J.G.D.; SCHNEIDER, J.; CARNEIRO, M.A.C. **Micorrizas e a degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora**. In: CERETTA, C.A.; da SILVA, L.S.; REICHERT, J.M. Tópicos em Ciência do Solo, 2007, p. 219-306.

SOARES, C.R.F.S ; CARNEIRO, M.A.C. **Micorrizas Arbusculares na recuperação de áreas degradadas**. In: SIQUEIRA, J.O.; de SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.; TSAI, S.M. (Org.). *Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil*. 1 ed. LAVRAS: UFLA, 2010, p. 475-501.

SOARES, M.P.; SAPORETTI JUNIOR, A.W.; NETO, J.A.A.M.; SILVA, A.F.; SOUZA, A.L. Composição florística arbóreo de Floresta Atlântica interiorana em Araponga – Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 859-870, 2006.

SOS MATA ATLÂNTICA. Mata Atlântica. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br>>. Acesso em 14 de novembro de 2010.

SOS MATA ATLÂNTICA - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período 2005-2008. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br>>. Acesso em 14 de novembro de 2010.

SOUZA, J.A.; DAVIDE, A.C. Deposição de serrapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga e de eucalipto em áreas de mineração de bauxita. **Cerne**, v.7, n.1, p.101-113, 2001.

SVORC, R.C.P.F.; OLIVEIRA, R.R. Uma dimensão cultural da paisagem: biogeografia e história ambiental das figueiras centenárias da Mata Atlântica. **GEOUSP: espaço e tempo**, no prelo.

TONHASCA Jr., A. **Ecologia e história natural da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2005, 197p.

TROPICOS. Missouri Botanical Garden electronic databases. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>. Acesso em: 10 de setembro de 2010.

VALLEJO, L.R.; FONSECA, C.L.; GONÇALVES, D.R.P. Estudo comparativo da mesofauna do solo entre áreas de Eucaliptus citriodora e mata secundária heterogênea. **Revista Brasileira de Biologia**, v.47, p.363-370, 1987.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. 3<sup>a</sup> ed. New York: Springer-Verlag, 1982, 153p.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE- Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991, 124p.

VIDAL, M.M.; PIVELLO, V.R.; MEIRELLES, S.T.; METZGER, J.P. Produção de serrapilheira em floresta atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista brasileira de Botânica**, v. 30, n. 3, p 521-532, 2007.

VIEIRA, N.K. **O papel do banco de sementes na restauração de restinga sob talhão de *Pinus elliottii* Engelm.** 2004. 77p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Departamento de Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

VOLPATO, M.M.L. **Regeneração natural em uma floresta secundária no domínio de Mata Atlântica: uma análise fitossociológica**. 1994. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

WARDLE, D. A. Impacts of disturbance on detritus food webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practices. **Advances in Ecological Research**, v. 26, p. 105-182. 1995.

WARDLE, D. A.; PARKINSON, D. Analyses of co-occurrence in a fungal community. **Mycological Research**, v. 95, p. 504-507. 1991.

YOUNG, T.P. Restoration ecology and conservation biology. **Biological Conservation**, v. 92, p. 73-83, 2000.

## ANEXO



**Figura 31.** Vista aérea da região onde hoje está localizado o condomínio Portogalo. Foto do arquivo do condomínio retratando a área na época da implantação do condomínio.



**Figura 32.** Vista aérea da região onde hoje está localizado o condomínio Portogalo. Foto do arquivo do condomínio retratando a área na época da implantação do condomínio.



**Figura 33.** Foto do arquivo do condomínio que retrata a degradação da encosta avaliada no início do plantio, em 1992. Foto do arquivo do condomínio.



**Figura 34.** Foto do arquivo do condomínio com vista geral da encosta estudada após o reflorestamento.



**Figura 35:** Reflorestamento na área do condomínio Portugal. Foto do arquivo do condomínio.



**Figura 36.** Foto no interior do reflorestamento retratando a queda das árvores e a regeneração das clareiras com indivíduos da família Melastomataceae.



**Figura 37.** Epífita sobre indivíduo de *Acacia mangium* no interior do reflorestamento.