



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

VALÉRIA HOLLUNDER KLIPPEL

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE MATA
ATLÂNTICA DE TABULEIROS**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
JULHO - 2011

VALÉRIA HOLLUNDER KLIPPEL

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE MATA
ATLÂNTICA DE TABULEIROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane
Co-Orientadores: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva
Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

JULHO – 2011

Dissertação 0033

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

K65m Klippel, Valéria Hollunder, 1987-
Avaliação de métodos de restauração florestal de Mata Atlântica de
Tabuleiros / Valéria Hollunder Klippel. – 2011.
84 f. : il.

Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane.
Coorientadores: Gilson Fernandes da Silva, Marcos Vinicius W. Caldeira.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do
Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Mata Atlântica. 2. Floresta – Restauração. 3. Serapilheira. 4. Química
do solo. 5. Linhares (ES). I. Pezzopane, José Eduardo Macedo. II. Silva,
Gilson Fernandes da. III. Caldeira, Marcos Vinicius W. IV. Universidade
Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 630

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE MATA
ATLÂNTICA DE TABULEIROS**

Valéria Hollunder Klippel

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

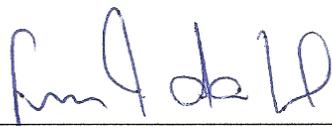
Aprovada em 25 de Julho de 2011.



Prof. Dr. Otacílio José Passos Rangel
IFES – Campus de Alegre
Membro Externo



Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira
CCA/UFES
Coorientador



Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva
CCA/UFES
Coorientador



Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane
CCA/UFES
Orientador

Dedico:

Aos meus pais Deoclério e Tereza.

As minhas irmãs Angélica e Andréia.

Ao meu noivo Luciano.

**Pelo constante incentivo recebido e pelo
amor eterno que tenho por todos!**

Muito Obrigada!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, causa primária de todas as coisas, por estar sempre comigo e nunca me deixar só. Agradeço pela Tua infinita fidelidade e por permitir mais uma conquista em minha vida.

Ao Programa de Pós - Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade concedida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane, pela orientação e aprendizado, pela amizade e confiança em mim depositada.

Aos meus coorientadores Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva e Marcos Vinicius Winckler Caldeira, pelas contribuições para o enriquecimento deste trabalho, por dividirem seus conhecimentos e pela amizade.

Ao Prof. Dr. Otacilio José Passos Rangel por aceitar participar da banca.

Aos Prof. Alexandre Cândido Xavier e Juliana Di Giorgio Giannotti pelo auxílio com a estatística.

Ao Prof. Henrique pela contribuição na organização da florística.

Aos meus pais Deoclério e Tereza que me ensinaram a viver com dignidade, que se doaram inteiros e renunciaram aos seus sonhos, agradeço pelo amor, carinho e dedicação. As minhas irmãs, Angélica e Andréia, pela paciência e apoio. Aos demais familiares pelo incentivo.

Ao meu noivo Luciano Pimenta pelo amor, companheirismo, paciência e compreensão nos momentos difíceis. Obrigada por estar ao meu lado.

A VALE, pela disponibilidade da área do estudo e pela concessão de bolsa.

A todos os funcionários da VALE pelos esforços dispendidos para a realização desse trabalho e pela prestação de serviços no campo.

A FIBRIA Celulose S.A. pela concessão de bolsa.

Agradeço aos que se empenharam na coleta dos dados: João Vitor Toledo e Luciano Roncete Pimenta.

Agradeço aqueles que me ajudaram com as análises e na finalização da dissertação: Herbert, Leandro, Leonardo, Luciano, Rafaella, Rômulo e Talita.

Pelos momentos de convivência, agradeço aos meus colegas de laboratório: João Vitor, Talita, Herbert, Leonardo, Salim, Vinícius, Lais e Carolina.

Aos amigos do Mestrado: Ana Paula, Cristiani, Elter, Felipe, Herbert, João Vitor, Leandro, Leonardo, Luciana, Ludmila, Paulo André, Rafaella, Rômulo e Talita pela troca de experiências e amizade.

Aos meus colegas de Pós- Graduação, sem citar nomes para não cometer injustiça. Todos foram importantes nessa caminhada.

Aos funcionários do NEDTEC: Alexandro (Lafarsol), Alvacir, Calebe, Elecir, Eliane (Biblioteca), Eliane (RU), Elizângela, Emília, José Geraldo, Kleriston, Luis (Lafarsol), Marise, Natany, Nina, Simone, Solange, Toninho, Valquíria, pela amizade e assistência.

Agradeço a todos os mestres pelos ensinamentos ao longo de minha formação e aqueles que direto ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

Aos professores Marcos Vinicius, Elzimar, Marina e Graziela pela amizade.

A todos os meus amigos e amigas, mesmo que aqui não estejam citados, por me incentivar. Muito obrigada pelo carinho, atenção, momentos de distração e por acreditarem em mim.

BIOGRAFIA

VALÉRIA HOLLUNDER KLIPPEL, filha de Deoclério Klippel e Tereza Hollunder Klippel, natural de Afonso Cláudio, Espírito Santo, nasceu no dia 16 de Junho de 1987. Realizou o 1º Grau na Escola Municipal de Afonso Cláudio E.P.P.G. ``José Jorge Haddad``. Em 2002 iniciou o Ensino Médio e o Curso Técnico em Agroindústria na Escola Agrotécnica Federal de Alegre, Alegre – ES. Em 2005 ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo, graduando-se em Engenharia Florestal em 2009. Em agosto de 2009, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo, ES, submetendo-se à defesa de dissertação em julho de 2011.

SUMÁRIO

RESUMO	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. MATA ATLÂNTICA.....	4
2.2. RESTAURAÇÃO FLORESTAL	6
2.3. INDICADORES DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL.....	9
2.3.1. Atributos químicos do solo	10
2.3.2. Serapilheira acumulada	12
2.3.3. Índice de área foliar	14
2.3.4. Vegetação arbórea	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	18
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	19
3.3. AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS PARA A RESTAURAÇÃO FLORESTAL	23
3.3.1. Atributos químicos do solo	23
3.3.2. Serapilheira acumulada	25
3.3.3. Índice de área foliar	26
3.3.4. Análise da vegetação arbórea	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	30
4.2. SERAPILHEIRA ACUMULADA.....	37
4.2.1. Biomassa	37
4.2.2. Nutrientes e Carbono Orgânico	39
4.2.2.1. Teores de Macro e Micronutrientes e Carbono Orgânico	39
4.2.2.2. Conteúdo de Macro e Micronutrientes	43
4.3. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR.....	46
4.4. ANÁLISE DA VEGETAÇÃO ARBÓREA.....	48
4.4.1. Florística	48
4.4.2. Ingresso de Número de Indivíduos (INI ha ⁻¹) e Área Basal (IAB - m ² ha ⁻¹).....	55
5. CONCLUSÃO	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

RESUMO

KLIPPEL, Valéria Hollunder. **Avaliação de métodos de restauração florestal de Mata Atlântica de Tabuleiros**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane. Coorientadores: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva e Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

Esse estudo teve como objetivo avaliar diferentes métodos de restauração florestal de uma Floresta de Tabuleiro, pela manipulação da composição florística e práticas silviculturais. Com esta fundamentação foi instalado em agosto do ano de 2007, na Reserva Natural Vale (RNV) em Linhares – ES, um experimento em blocos casualizados, com 4 tratamentos e 3 repetições (totalizando 12 parcelas): T1 (Controle): Somente o controle de formigas cortadeiras; T2: Roçada manual seletiva, capina química seletiva, controle de formigas e as espécies tolerantes ao herbicida; T3: Idêntico ao tratamento 2, mas com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica no espaçamento de 5 x 5 m, intercalado, no mesmo espaçamento, o semeio de *Sesbania grandiflora* em covas (10 sementes por cova); T4: Idêntico ao tratamento 2, mas com o plantio de 54 espécies da Mata Atlântica no espaçamento próximo de 3 x 3 m. Desde o momento de instalação (2007) até o terceiro ano de estudo (2010) foram realizados inventários anuais em todas as parcelas, para estudo da florística e crescimento da vegetação arbórea. Além disso, no terceiro ano após a implantação do experimento, também foram coletadas amostras de solo em quatro profundidades (0–5; 5–10; 10–20 e 20–40 cm) para posterior análise química; serapilheira acumulada, para estudo da biomassa e do teor e conteúdo de nutrientes; e índice de área foliar (IAF). Em relação aos atributos químicos do solo, somente foram encontradas diferenças estatísticas para os tratamentos estudados nas profundidades de 0-5 cm, onde os maiores valores de Ca, soma de bases e CTC foram observados para o tratamento 4 e maior valor do ISNa para o tratamento 1, e de 10-20 cm, onde o tratamento 4 apresentou maior valor de Ca. Não foram observadas diferenças estatísticas para a biomassa da serapilheira acumulada. A menor C/N foi obtida pelo tratamento 3. Esse tratamento também apresentou o maior índice de área foliar. A eliminação da matocompetição atuou positivamente no crescimento da vegetação arbórea. O ingresso de número de indivíduos e de área basal foi superior para os tratamentos 3 e 4.

Palavras-chave: Mata Atlântica de Tabuleiros; índice de área foliar; serapilheira acumulada; atributos químicos do solo; espécies pioneiras.

ABSTRACT

KLIPPEL, Valéria Hollunder. **Evaluation of methods forest restoration of Tableland Atlantic Forest.** 2011. Dissertation (Masters in Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES. Adviser: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane. Co-advisers: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva e Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

This study aimed to evaluate different forest restoration methods of a Tableland Forest, by manipulating the floristic composition and silvicultural practices. With this foundation, it was installed in August of 2007, at the Reserva Natural Vale (RNV) in Linhares - ES, an experiment in randomized blocks with 4 treatments and 3 replications (a total of 12 plots): T1 (Control): Only leafcutter ants control; T2: Selective manual mowing, selective chemical weeding, control of ants and species tolerant to the herbicide; T3: Same as treatment 2, but with the planting of Atlantic Forest pioneer species in the spacing of 5 x 5 m, interspersed, in the same spacing, the seeding of *Sesbania grandiflora* in pits (10 seeds per pit); T4: Same as treatment 2, but with the planting of 54 Atlantic Forest species in the spacing close to 3 x 3 m. From the moment of installation (2007) until the third year of the study (2010) annual inventories were performed in all plots, to study the arboreal vegetation flora and growth. Moreover, at the third year after the experiment implementation, soil samples were also collected at four depths (0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm) for later chemical analysis; accumulated litter, for studying biomass and nutrient content and level, and leaf area index (LAI). Regarding the soil chemical attributes, only statistical differences were found for the studied treatments in depths of 0-5 cm, where the highest values of Ca, sum of bases and CEC were observed for the treatment 4 and greater Na Saturation Index value to the treatment 1, and 10-20 cm, where the treatment 4 showed higher Ca value. There were no statistical differences in the accumulated litter biomass. The lower C/N was obtained by the treatment 3. This treatment also had the highest leaf area index. The elimination of weed competition acted positively on trees growth. The entrance of individuals and basal area was higher for treatments 3 and 4.

Keywords: Tableland Atlantic Forest, leaf area index, accumulated litter, soil chemical attributes; pioneer species.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que a degradação de ecossistemas, geralmente, é um processo ligado à ocupação das áreas naturais pelo homem e, conseqüentemente, relacionado com as formas de uso da terra. Desde o descobrimento, a ocupação do Brasil ocorreu de forma predatória (CERQUEIRA et al., 2003), sendo que a exploração dos recursos naturais ocorreu de maneira não sustentável.

A Floresta Atlântica *lato sensu* (que envolve uma série de formações como a Floresta Ombrófila Densa, a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Semidecidual, além de ecossistemas associados) foi uma das formações florestais brasileiras que sofreu maior devastação devido à ocupação populacional e expansão das fronteiras agropecuárias, restando, atualmente, algo em torno de 5 a 7% de sua área original (REIS et al., 1999; MYERS et al., 2000). Há, portanto, grandes áreas do bioma Mata Atlântica em diversos estágios de degradação, e que necessitam de ações antrópicas visando sua restauração florestal (CAMPOE, 2008).

A regulação do clima, a fertilidade do solo e a garantia do abastecimento de água, dependem diretamente da preservação dos remanescentes da Mata Atlântica. A restauração desses locais passa pelo sistema de reconhecimento de sua importância e identificação da vegetação e fauna de ocorrência natural (MARTINS, 2007), além de serem necessárias para a recuperação das áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL) que devem existir em todas as propriedades rurais dentro do domínio deste bioma (CAMPOE, 2008).

A restauração florestal deve propiciar o restabelecimento das relações ecológicas e da sucessão vegetal (RODRIGUES et al., 2002). O conhecimento dos processos ecológicos envolvidos na dinâmica de populações de plantas é extremamente importante para a definição de estratégias de conservação, manejo e restauração dos ecossistemas florestais (RODRIGUES e GANDOLFI, 2007).

De acordo com Parrotta et al. (1997), a regeneração natural de florestas tropicais é, muitas vezes, lenta e incerta em virtude da combinação de fatores, tais como: a agressividade e dominância de gramíneas, a recorrência

das queimadas, as condições microclimáticas desfavoráveis, a baixa fertilidade dos solos e a exaustão do banco de sementes.

Em áreas de restauração florestal, o manejo utilizado desde o preparo da área para receber as novas plantas até a manutenção deve ser adequado para aliviar os estresses nutricionais, hídricos, térmicos e de competição, normalmente encontrados em áreas degradadas a serem restauradas (IANNELLI-SERVÍN, 2007; ENGEL e PARROTTA, 2003).

O plantio de mudas tem sido o método mais utilizado em projetos de restauração, e seu sucesso depende de vários fatores, entre os quais se destacam: o grau de modificação em relação ao ambiente natural, as espécies a serem utilizadas, a obtenção de propágulos, a distribuição dessas espécies no novo ambiente e a participação de comunidade humana (FERREIRA et al., 2007). Pesquisas mostram que o plantio de árvores em áreas degradadas ameniza os fatores desfavoráveis, acelerando a sucessão natural (BROWN e LUGO, 1994; SILVA JÚNIOR et al., 1995).

Em locais com limitações ambientais à sucessão de espécies, a regeneração natural pode ser potencializada por meio do plantio de espécies facilitadoras. A capacidade de estabelecimento em condições limitantes, a atração da fauna, o crescimento rápido e a grande deposição de serapilheira são características desejáveis para essas espécies (CHADA et al., 2004). Espécies leguminosas apresentam vantagem adicional por estabelecerem simbiose com bactérias fixadoras de N₂ atmosférico. Resultados de pesquisas indicaram que plantios de leguminosas beneficiam a regeneração natural de espécies nativas (CAMPELLO, 1999; CHADA et al., 2004).

A recomposição dos teores de matéria orgânica do solo é uma primeira e importante meta a se buscar na restauração ecológica. O plantio de espécies arbóreas é uma técnica para aliar adição de resíduos orgânicos com o desenvolvimento da sucessão secundária, e assim restaurar a fertilidade do solo em áreas degradadas (PARROTTA, 1992). Plantios baseados em modelos sucessionais podem elevar o armazenamento de C e N e a taxa de ciclagem de nutrientes, aumentando a eficiência no aproveitamento desses nutrientes pela capacidade diferenciada das espécies em explorar diferentes camadas do solo (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000; GONÇALVES et al., 2003).

A restauração de áreas degradadas depende também de melhorias na fertilidade do solo e no aumento da diversidade vegetal (FANG e PENG, 1997).

O monitoramento e avaliação dos projetos de restauração tornam-se fundamentais para o avanço do conhecimento científico-tecnológico, o que subsidiará novas propostas e norteará a tomada de decisões. Nesse sentido, avaliar a dinâmica da composição florística na fase inicial do projeto é uma importante ferramenta para monitoramentos no longo prazo, permitindo acompanhar o desenvolvimento da comunidade implantada e a sua sucessão e estabelecimento ao longo do tempo (RODRIGUES et al., 2010). Estudos visando tais restaurações vêm sendo feitos, e, em sua maioria, estudam modelos de composição florística, visando sucessão secundária, e interações entre fauna e flora (RODRIGUES e LEITÃO-FILHO, 2000; KAGEYAMA et al., 2003).

Esse estudo tem como objetivo avaliar o uso de diferentes métodos de restauração florestal de uma Floresta de Tabuleiro, pela manipulação da composição florística e práticas silviculturais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MATA ATLÂNTICA

2.1.1. Aspectos gerais

Desde o descobrimento do Brasil em 1500, o processo de ocupação caracterizou-se pelo modelo predatório, acarretando a uma rápida destruição de grande parte dos recursos naturais, em especial as nossas florestas. A princípio a Mata Atlântica foi diretamente afetada devido a grande exploração do pau-brasil e, depois, com os desmatamentos nos ciclos econômicos do açúcar e do café, que acabaram por dizimar esse ecossistema (PIOLLI et al., 2004). O processo de redução e isolamento da vegetação natural afeta a estrutura e os processos das comunidades vegetais, ocasionando a perda da diversidade biológica (CERQUEIRA et al., 2003).

Extremamente heterogêneo em sua composição, o domínio da Mata Atlântica (de 4 a 32° de Latitude Sul) cobre uma ampla variação de cinturões climáticos e formações vegetais tropicais e subtropicais (Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, manguezais, restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste) (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 1992). É detentora de alta biodiversidade e está presente tanto na região litorânea como nos planaltos e serras do interior do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, ao longo de toda costa brasileira. A sua área principal ou central está nas grandes Serras do Mar e da Mantiqueira, abrangendo os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito do Santo (RIZZINI, 1997). A altitude varia entre 0 e 2.900 metros, com mudanças abruptas de tipo e profundidade do solo, e temperatura do ar (MANTOVANI, 2003). As precipitações ocorrem de forma abundante, com média anual de 1.000 mm, podendo atingir 4.000 mm em regiões da Serra do Mar (OLIVEIRA-FILHO e FONTES, 2000).

De todos os ecossistemas mundiais, a Mata Atlântica é destaque devido ao ritmo acelerado de devastação ambiental, já que, da área de abrangência total, estima-se que restam apenas de 7 a 8% da floresta original (GALINDO-LEAL e CAMARA, 2005), mostrando a importância de ações de conservação e restauração nestas áreas.

2.1.2. Mata Atlântica de Tabuleiros

A Mata de Tabuleiros ocorre ao longo da costa leste do Brasil, dentro do domínio Atlântico, principalmente entre os estados da Bahia e Rio de Janeiro (RIZZINI, 1979). O projeto RADAMBRASIL (1987) classifica esta floresta como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas. No entanto, de acordo com Veloso et al. (1991), a região dos tabuleiros no norte do Espírito Santo poderia ser inserida na Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas ou na Floresta Estacional Semidecídua de Terras Baixas.

A denominação de tabuleiro é dada pelo fato da topografia apresentar-se plana em grandes extensões, não atingindo altitudes superiores a 200m (RIZZINI, 1979). Essa vegetação distingue-se das outras formações de Mata Atlântica *lato sensu* por ocupar uma extensa área de planície ou tabuleiro costeiro, de origem terciária, sendo suas espécies distribuídas ao longo de um gradiente climático (sentido litoral-interior) (RIZZINI, 1979; MORENO et al. 1998). A esclerofilia é outra característica típica das matas de tabuleiro (RIZZINI, 1979). Apesar da controvérsia sobre o termo esclerofilia, o conceito mais aceito (ou pelo menos mais utilizado) é aquele que relaciona plantas esclerófilas com deficiências hídricas sazonais, baixos teores de nutrientes no solo, principalmente N e P, defesa contra herbivoria ou mecanismos de proteção da longevidade das folhas (EDWARDS et al., 2000).

As matas sobre tabuleiros terciários sofreram intensa fragmentação, com o processo de desmatamento na costa brasileira durante a colonização e, mais recentemente (1960-1980) com a agricultura e com a industrialização (RIZZINI, 1979; GIULIETTI e FORERO, 1990).

O Bioma Mata Atlântica e, conseqüentemente, a Mata Atlântica de Tabuleiros, sofreram grande devastação causada principalmente pela exploração desordenada dos seus recursos naturais. A restauração florestal desses ecossistemas que sofreram degradação pode ser uma alternativa para reestabelecimento dos processos ecológicos, além de propiciar a manutenção da biodiversidade.

2.2.RESTAURAÇÃO FLORESTAL

A utilização dos recursos naturais pelo homem vem ocorrendo de forma tão intensa que, aproximadamente, 13% da superfície da Terra (continente) encontra-se como áreas degradadas (OLDEMAN e LYNDEN, 1998).

Nesse sentido, as áreas degradadas em regiões tropicais têm aumentado nas últimas décadas, principalmente, devido à alta demanda de terras agricultáveis, produtos extraídos das florestas, crescimento da população humana e maior habilidade tecnológica para modificar paisagens, que cria novas condições, às quais a vegetação tem que se adaptar (LUGO, 1997). Parrotta et al. (1997) e Oldeman e Lynden (1998) atribuem ao desmatamento, manejo inadequado na agricultura, superpastejo e exploração extrativista da vegetação para produção de energia e madeira para as serrarias as principais causas da degradação dos ecossistemas nos trópicos.

As mudanças na cobertura de terra, principalmente a cobertura florestal, terão consequências tanto para o ser humano quanto para outras espécies. As florestas fornecem serviços ambientais que estabilizam o clima, protegem a fauna e a flora (MORAN, 2009) e podem sequestrar grandes quantidades de carbono pela conversão em biomassa vegetal (MORAN, 2009; SANQUETA e BALBINOT, 2004).

Diante do exposto fica evidente a necessidade de projetos e estudos voltados para a restauração florestal ou ecológica de áreas degradadas.

A restauração florestal utilizada no sentido restrito, ou seja, o retorno do ecossistema a seu estado original antes da degradação (ENGEL e PARROTTA, 2003) é dificilmente possível, pois geralmente as condições ambientais após a degradação não permitem mais o retorno para uma condição idêntica à original (RODRIGUES e GANDOLFI, 2004).

Até pouco tempo, os projetos de restauração eram baseados apenas na escolha, com base em dados florísticos e fitossociológicos, de uma única comunidade dentre o conjunto de comunidades florestais remanescentes existentes em uma paisagem regional, que serviria como referência e deveria ser copiada e reconstituída (GANDOLFI e RODRIGUES, 2007). Não eram considerados os efeitos da vegetação ou o tipo de uso do solo no entorno da

área a ser restaurada, ou seja, essa era analisada como uma unidade relativamente isolada de fatores externos (MARTINS et al., 2009).

Hoje, o sucesso de um projeto está associado, principalmente, na restauração do funcionamento da comunidade final, definindo as ações de restauração baseadas nas particularidades de cada unidade da paisagem. Desta forma, não se estabelece previamente um conjunto de espécies que devem compor a comunidade final local (GANDOLFI e RODRIGUES, 2007).

O conceito de restauração atualmente utilizado é aquele aplicado pela *Society for Ecological Restoration International* (SERI): “a ciência, prática e arte de assistir e manejar a recuperação da integridade ecológica dos ecossistemas, incluindo um nível mínimo de biodiversidade e de variabilidade na estrutura e funcionamento dos processos ecológicos, considerando-se seus valores ecológicos, econômicos e sociais”.

Segundo Gandolfi e Rodrigues (2007) o objeto da restauração é a reconstrução de ecossistemas naturais, que será consequência do sucesso da restauração da flora regional e do estabelecimento dos processos ecológicos responsáveis pela reconstrução e manutenção de uma comunidade funcional.

A utilização de princípios teóricos da sucessão vegetal, em ecossistemas degradados, é uma importante ferramenta para sua reabilitação, pois se está utilizando os próprios mecanismos da natureza local, induzindo o surgimento de novos estágios sucessionais (VARCARCEL e SILVA, 1997). O uso de grupos sucessionais para ordenar a alta diversidade de espécies da floresta tropical e organizá-las em plantios foi um grande salto no desenvolvimento da tecnologia de plantios de nativas, além de ser o conceito mais discutido e polemizado em eventos da área (KAGEYAMA e GANDARA, 2005).

A sucessão florestal é um processo de modificação progressivo, causadas por alterações das condições abióticas e bióticas, na proporção e composição dos indivíduos de uma comunidade vegetal até que esta atinja um estado de equilíbrio dinâmico com o ambiente (MEGURO, 1994).

Com a incorporação do conhecimento sobre ecologia florestal na restauração ecológica, houve uma mudança na orientação dessa restauração. O foco atual é a indução do processo de construção de uma floresta que, todavia, só se perpetuará efetivamente se forem reconstruídas as complexas

interações entre fauna e flora que permitem a manutenção das populações locais e a evolução da comunidade implantada (GANDOLFI e RODRIGUES, 2007).

Um dos passos básicos na restauração de uma paisagem, é o reconhecimento das diferentes situações de degradação (a intensidade e o tipo de impacto), além do tipo de vegetação a ser restaurado e a capacidade de auto recuperação de cada local (GANDOLFI e RODRIGUES, 2007).

Martins et al. (2009) destaca que a metodologia utilizada para restaurar determinado ecossistema, depende, principalmente, do tipo e da intensidade de degradação a que o mesmo foi submetido. Para solos degradados, ou seja, aqueles em que o horizonte superficial foi removido ou compactado sugere-se utilizar a transposição do banco de sementes (serapilheira mais solo superficial) e de restos vegetais e plantio de leguminosas arbustivas e arbóreas fixadoras de nitrogênio atmosférico. Já aquelas áreas onde o solo não foi removido é indicado fazer o isolamento da área, manejo da regeneração e enriquecimento para áreas com regeneração arbustiva-arbórea e, plantio de alta diversidade de espécies arbóreas nativas e semeadura direta para as áreas que não apresentam regeneração arbustiva-arbórea.

A fauna é muito importante para o sucesso de projetos de restauração, pois auxilia em duas etapas cruciais do ciclo reprodutivo das plantas: a polinização e a dispersão de sementes (CASTRO, 2007).

Em áreas com ocorrência de regeneração natural, é fundamental o controle de espécies vegetais competidoras para que a área possa ser restaurada (GANDOLFI e RODRIGUES, 2007). A competição exercida por gramíneas é a causa mais comum do fracasso em plantios para a recuperação de ecossistemas degradados (CARPANEZZI, 2005).

Atualmente, procura-se aproveitar o potencial de auto recuperação da área, através da presença de espécies nativas na própria área (banco de sementes, regeneração natural, etc) ou pela chegada de sementes de espécies nativas de áreas vizinhas, como por exemplo, por dispersão (GANDOLFI e RODRIGUES, 2007).

2.3. INDICADORES DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Iniciativas de monitoramento periódico de áreas restauradas com espécies nativas são importantes a fim de quantificar os serviços ambientais proporcionados pela restauração das florestas nativas (RODRIGUES et al., 2009). Entre esses serviços, podemos considerar, por exemplo, a proteção dos solos e dos rios do processo de erosão e assoreamento (CRESTANA et al., 1993), o conforto térmico, a manutenção e restauração da biodiversidade local e regional (RODRIGUES e GANDOLFI, 2004), o potencial de seqüestro de carbono pelas florestas nativas (MELO e DURIGAN, 2006), que interfere diretamente nos processos de aquecimento global, entre outros.

Todavia, ainda falta consenso na literatura científica em relação aos indicadores mais adequados para a avaliação do sucesso da restauração florestal e, conseqüentemente, dos ganhos ambientais (SIQUEIRA e MESQUITA, 2007). De acordo com Rodrigues et al. (2009), para cada etapa do processo de restauração são necessárias diferentes variáveis de avaliação. É importante empregar indicadores que avaliem a ocupação gradual e crescente da área por indivíduos de espécies nativas, a distribuição dessas espécies em grupos funcionais, a cobertura da área e a alteração da fisionomia e da diversidade local promovida por essa ocupação.

Conforme Martins (2007) a regeneração natural, o banco de sementes do solo, a produção de serapilheira, a ciclagem de nutrientes, a chuva de sementes e a abertura do dossel, são alguns indicadores para recuperação de matas ciliares relacionados com a vegetação.

Mele e Carter (1993), citado por Gama-Rodrigues et al. (2008), destacam que a biomassa microbiana tem sido utilizada como indicador biológico da qualidade da matéria orgânica do solo para aferição da sustentabilidade de sistemas de produção. A maior parte da fração viva da matéria orgânica é constituída por biomassa microbiana, o que a torna um indicador mais sensível em aferir mudanças nos teores e na qualidade da matéria orgânica do solo decorrentes de manejo e práticas de cultivo do que os teores de C orgânico e N total.

Alguns autores como Rodrigues et al. (2009) enfatizam que os indicadores são diferentes para cada fase do processo de restauração. Os

indicadores utilizados para avaliação e monitoramento da fase de implantação (1 a 12 meses após adoção de ações de restauração, como isolamento e condução da regeneração natural, plantio total, etc.) são: avaliação de solo-substrato (ocorrência de processos erosivos e conservação do solo); existência de cobertura vegetal mesmo que seja herbácea; avaliação da cobertura da área por gramíneas exóticas agressivas; profundidade da cova (nos casos de plantios); avaliação dos indivíduos plantados e/ou dos regenerantes naturais.

Na fase de pós-implantação (1 a 3 anos) os indicadores de avaliação e monitoramento devem ser: avaliação dos indivíduos plantados ou das áreas com condução da regeneração natural; da regeneração natural; da cobertura de gramíneas. Já na fase de ocupação e funcionamento (4 ou mais anos, sendo recomendado até 8 anos após ações de restauração) os indicadores de avaliação e monitoramento da vegetação restaurada são: avaliação dos indivíduos plantados ou das áreas com condução da regeneração natural; aspectos fisionômicos da vegetação restaurada – estratificação; avaliação da chegada de outras formas de vida (levantamento florístico das espécies não arbóreas e seus hábitos de vida); da regeneração natural; da cobertura de gramíneas; e da fauna (RODRIGUES et al., 2009).

2.3.1. Atributos químicos do solo

A restauração de um ecossistema terrestre deve ter como primeira condição um solo conservado, que sustente o estabelecimento de uma comunidade vegetal pelo processo da sucessão secundária. A qualidade do solo pode ser definida como a capacidade do solo em manter a produtividade animal e vegetal, manter ou melhorar a qualidade do ar e da água e promover a saúde vegetal e animal (DORAN e ZEISS, 2000).

Os ecossistemas terrestres têm como base de sustentação o solo, que além de servir de suporte para as raízes, desempenha funções essenciais para a funcionalidade e sustentabilidade dos ecossistemas, garantindo a produção de alimentos, fibras e matérias-primas e serviços ambientais (SIQUEIRA et al., 2008).

A sustentabilidade da floresta depende do tipo de solo e também da ciclagem de nutrientes que ocorre em diferentes compartimentos e envolve fluxos de entrada e saída de nutrientes (SOUZA e MARQUES, 2010). Moreno e

Schiavini (2001), analisando a composição florística e os fatores que estariam determinando a ocorrência da vegetação em um gradiente florestal, observaram que o solo é um importante fator determinante na distribuição da vegetação. A estimativa de atributos edáficos relacionados à sua funcionalidade possibilitaria monitorar indiretamente a qualidade do solo (REINERT, 1998).

A matéria orgânica tem grande importância em solos de regiões tropicais e subtropicais, por ser fonte de nutrientes para as culturas, atua na retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração e serve como fonte de carbono e energia aos microrganismos heterotróficos. Ou seja, ela interfere nas características químicas, físicas e biológicas do solo (BAYER e MIELNICZUK, 2008). A diminuição da matéria orgânica no solo seja por aumento da decomposição, perdas por erosão ou remoção das camadas superficiais do solo, desencadeia processos em série que levam à perda da funcionalidade e a degradação do mesmo (SIQUEIRA et al., 2008).

Quando a vegetação nativa de uma região é substituída por sistemas agrícolas, os estoques de matéria orgânica tendem a apresentar reduções expressivas, as quais podem chegar a 50% nos primeiros 20 cm de profundidade do solo, e de até 20% na profundidade de um metro (ESTADOS UNIDOS, 1999). Em solos tropicais, as reduções nos teores de matéria orgânica podem chegar até mais de 50% em menos de 10 anos de cultivo do solo (SILVA e MACHADO, 2000; MIELNICZUK et al., 2003).

Em um estudo de correlação entre a composição florística e as variáveis químicas do solo (pH, P, K, Ca, Mg, Al e acidez potencial), Campos et al. (2006) observaram que, na presença de maiores teores de Ca e Mg, algumas espécies se apresentaram mais abundantes, ou seja, consideraram que essas espécies eram mais exigentes em ambientes de maior fertilidade nos solos. Segundo Duarte (2007) o teor de nutrientes influencia diretamente a composição florística e a distribuição das espécies nos solos.

Gama-Rodrigues et al. (2008), trabalhando em um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilo-franco-arenosa, avaliaram a influência de *Acacia auriculiformis* (acácia), *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) e *Corymbia citriodora* (eucalipto) com 32 meses de idade, comparadas às coberturas de capoeira

(fragmento florestal de Mata Atlântica em sucessão secundária) e pastagem degradada com aproximadamente 40 anos de idade, sobre os atributos químicos do solo. As espécies florestais, na fase inicial de desenvolvimento, revelaram-se promissoras em melhorar a fertilidade do solo, apesar da redução dos teores de matéria orgânica.

2.3.2. Serapilheira acumulada

A serapilheira, material recém-caído na parte superficial do piso da floresta, consistindo-se principalmente de folhas, fragmentos de casca, galhos, flores, frutos e outras partes (KOEHLER, 1989), é um componente de suma importância dentro de um ecossistema florestal. Cabe ressaltar que a serapilheira responde pela ciclagem de nutrientes, além de indicar a capacidade produtiva da floresta ao relacionar os nutrientes disponíveis com as necessidades nutricionais de uma dada espécie (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003, CALDEIRA et al., 2007; 2008; 2010).

Diferentes ecossistemas florestais depositam diferentes quantidades de serapilheira que também podem apresentar diferentes proporções de frações constituintes (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003; CALDEIRA et al., 2007; 2008; 2010). O acúmulo de biomassa em florestas secundárias mostra um modelo de rápida acumulação em até 15 a 20 anos de pousio (HUGGES et al., 1992).

A vegetação é a principal responsável pela variabilidade horizontal da serapilheira, pois quanto mais diversa for a comunidade vegetal, mais heterogênea será a serapilheira. Já a heterogeneidade vertical da serapilheira, ou seja, a sua diferenciação em camadas, é decorrente da velocidade de decomposição, sendo esta determinada por fatores climáticos (principalmente a precipitação e a temperatura), edáficos e biológicos (CORREIA e ANDRADE, 2008). De maneira geral, a serapilheira é composta de 60 a 80% de folhas, 1 a 15% de ramos e 1 a 25% de casca (BRAY E GORHAM, 1964). O mesmo é relatado por Figueiredo Filho et al. (2003), afirmando que, em geral, as folhas são responsáveis por mais de 50% da serapilheira produzida em uma floresta.

Vários fatores bióticos e abióticos afetam a produção de serapilheira, tais como: tipo de vegetação, altitude, latitude, precipitação, temperatura, regimes de luminosidade, relevo, decíduosidade, estágio sucessional, disponibilidade hídrica e características do solo, prevalecendo um ou mais

fatores dependendo das características de cada ecossistema (VITOUSEK e SANFORD, 1986; FIGUEIREDO FILHO et al., 2003; CALDEIRA et al., 2007; 2008; 2010). Dentre esses fatores, Mason (1980) e Bray e Gorham (1964) afirmaram que, sem dúvida, o clima é o mais importante.

A fragmentação florestal é também um fator que afeta a produção e decomposição da serapilheira. A redução no tamanho dos fragmentos e o maior efeito de borda alteram a colonização vegetal e as condições microclimáticas, causando mudanças no aporte e decomposição da serapilheira (CORREIA e ANDRADE, 2008).

Trabalhos relacionados com a quantificação de serapilheira acumulada fornecem subsídios para um melhor entendimento da dinâmica dos nutrientes (CALDEIRA et al., 2008). Brites et al. (1992) estudaram a deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista, no município de São Mateus do Sul, estado do Paraná, reportando que a produção total de serapilheira foi de 6.526,7 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Custódio Filho et al. (1996), estudando a produção de serapilheira e retorno de nutrientes em uma floresta pluvial atlântica (Floresta Ombrófila Densa), registraram uma produção anual de 6.054,10 kg ha⁻¹ de serapilheira, sendo que a fração folhas contribuiu com 72,73% do total.

A ciclagem de nutrientes é um processo de suma importância para o equilíbrio ecológico de florestas naturais e das plantações florestais de espécies nativas. A ciclagem pode ser analisada através da compartimentalização da biomassa acumulada nos diferentes estratos e a quantificação das taxas de nutrientes que se movimentam entre seus compartimentos, através da produção de serapilheira, sua decomposição, lixiviação e outros (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000).

Por meio da ciclagem de nutrientes presentes na cobertura florestal há um aumento do teor de matéria orgânica e da disponibilidade de nutrientes, a melhoria das propriedades físicas e a otimização da atividade biológica, que influenciam na qualidade dos solos (FRANCO e FARIA, 1997; GAMA-RODRIGUES et al., 1999). Ao se estudar a ciclagem de nutrientes em uma floresta natural é necessário, antes de tudo, localizá-la do ponto de vista geográfico e climático. As condições climáticas e fenológicas interferem diretamente na forma e na velocidade de ciclagem dos nutrientes (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000).

A escolha inicial de espécies florestais para a formação de maciços pode refletir-se na sazonalidade, na quantidade e na qualidade de serapilheira produzida, interferindo nas características químicas do solo e na cadeia alimentar resultante dos detritos por elas gerados (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000; CALDEIRA et al., 2008).

Em um estudo realizado a fim de quantificar a produção de serapilheira acumulada e o conteúdo de nutrientes em três estádios sucessionais da Floresta Ombrófila Densa Submontana, Blumenau/SC, Caldeira et al. (2008), encontraram, nos vinte e dois meses de coleta, maior produção média de serapilheira acumulada no estágio III de sucessão ($5,28 \text{ Mg ha}^{-1}$), seguido do estágio II ($5,02 \text{ Mg ha}^{-1}$) e por fim o estágio I ($4,47 \text{ Mg ha}^{-1}$). O conteúdo total de macronutrientes na serapilheira acumulada em ordem decrescente no estágio sucessional I e II foram: $\text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{S} > \text{P}$, e no estágio sucessional III: $\text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{S} > \text{K} > \text{P}$. A floresta em estudo apresentou para o conteúdo total de micronutrientes na serapilheira acumulada nos três estádios sucessionais a seguinte ordem decrescente: $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu}$.

2.3.3. Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF) é definido como a razão entre a área foliar de uma das faces das folhas e a área de solo ocupada pelas folhas (WATSON, 1947; MÜLLER et al., 2005). Sua determinação é importante, pois além de indicar a capacidade fotossintética de uma cultura, também pode ser utilizado em estudos de nutrição, competição, relações solo-água-plantas, acúmulo de matéria seca, produção, maturação e qualidade da cultura, dentre outros (PAIVA, 2009; LUCHIARI JUNIOR, 1978; BERGAMASCHI, 1984; OLIVEIRA e SILVA, 1990).

Esse índice passou a ser considerado uma variável chave na compreensão da dinâmica da vegetação em ecossistemas terrestres, uma vez que é determinante de processos produtivos como a interceptação da luz pelo relvado e trocas gasosas e de água com o meio, além de interferir em aspectos ecológicos importantes, como a competição inter e intra-específica entre plantas, a retenção de carbono e a conservação do solo e ser um componente-chave dos ciclos biogeoquímicos em ecossistemas (BRÉDA, 2003). O IAF é uma medida de cobertura vegetal (CARUZZO e ROCHA, 2000). De acordo

com Martins (2007) a abertura do dossel é um dos indicadores para recuperação de matas ciliares relacionados com a vegetação natural.

A descrição da estrutura do dossel é essencial para o entendimento dos processos que governam o desenvolvimento florestal, devido a sua profunda influência nas interações planta-ambiente (NORMAN e CAMPBELL, 1992). As folhas dos vegetais superiores, na sua maioria, são responsáveis pela interceptação luminosa e fotossíntese, de modo que a maior parte do crescimento das espécies cultivadas está relacionada com a expansão foliar. Assim, o parâmetro básico que relaciona a radiação interceptada por uma comunidade vegetal e a radiação incidente é o IAF (WATSON, 1958).

A determinação do IAF por ser feito por métodos diretos, que requerem coleta de amostras, sendo destrutivos e bastante trabalhosos, aplicados geralmente em culturas agrícolas e pastagens, devido a sua altura, ou indiretos, que envolvem a avaliação do comportamento da radiação no dossel, sendo amplamente utilizados em florestas devido a limitações causadas pela dificuldade de acesso as copas (NORMAN e CAMPBELL, 1992).

Entre os analisadores de dossel existentes pelo método indireto, o modelo LAI-2000 (Licor Inc., Nebraska) vem sendo amplamente empregado nas estimativas de IAF em plantios florestais (URBAN et al., 2009; DAVI et al., 2008). Os valores do IAF são obtidos a partir de medias simultâneas da interceptação da luz difusa em cinco distintos ângulos zenitais com a lente “olho de peixe” do sensor. A fração da luz incidente nos cinco ângulos é usada para o calculo da área do dossel baseada em equações matemáticas (LI-COR, 1992).

2.3.4. Vegetação arbórea

O grau de acerto da reabilitação do ecossistema degradado pode ser medido mediante amostragem da colonização espontânea de espécies vegetais. As plantas só se estabelecem, sucedendo-se umas às outras, em função das próprias propriedades emergentes que elas mesmas geram no ecossistema: disponibilidade de água, luz, temperatura, matéria orgânica, radiação solar e construção do solo (VARCARCEL e SILVA, 1997).

A maioria dos estudos de comunidades florestais trabalham com base na classificação sucessional das espécies (SWAINE e WHITIMORE, 1988;

WHITIMORE, 1989; GANDOLFI et al., 1995), apoiando-se , principalmente, no comportamento das espécies no processo de cicatrização de clareiras. No entanto, muitas espécies não se enquadram exatamente nos moldes dos chamados grupos ecológicos, grupos sucessionais ou até mesmo grupos funcionais. Todavia, a classificação sucessional das espécies, ainda que imprecisa, pode ser útil na compreensão da estrutura e dinâmica de comunidades florestais, desde que utilizada com precauções (DURIGAN, 2009).

De acordo com Chada et al. (2004), características como capacidade de estabelecimento em condições limitantes, a atração de fauna, o crescimento rápido e a grande deposição de serapilheira são desejáveis em espécies florestais utilizadas para reabilitação de ecossistemas e por isso denominadas facilitadoras da sucessão natural, em locais onde, a princípio, uma série de barreiras impede o desenvolvimento do processo.

A utilização de espécies da família Leguminosae, associadas através de simbiose a bactérias fixadoras de N_2 atmosférico e fungos micorrízicos, tem se mostrado uma técnica viável para reabilitação de solos degradados considerando-se que em condições tropicais o nitrogênio e o fósforo são, em geral, nutrientes extremamente limitantes (FRANCO et al., 1992; FRANCO et al., 1995; FRANCO e FARIA, 1997).

Fatores como agressividade e dominância de gramíneas, recorrência das queimadas, condições microclimáticas desfavoráveis, baixa fertilidade dos solos e exaustão de banco de sementes, frequentemente tornam a regeneração natural de florestas tropicais lenta e incerta (PARROTTA et al., 1997).

Para sustentabilidade dos ecossistemas a serem restauradas, informações como número de indivíduos por espécie, espécies dominantes e espécies raras devem ser consideradas nos projetos de restauração florestal (PINTO et al., 2007).

A área basal é o melhor descritor para caracterizar estruturalmente uma comunidade e para fazer comparações entre comunidades. Esse atributo relaciona-se diretamente com a biomassa da vegetação, que, por sua vez, exerce influência sobre o microclima (luminosidade e temperatura), a interceptação na água da chuva e a disponibilidade de abrigo e alimento para a

fauna (MULLER-DOMBOIS e ELLENBERG, 1974). Segundo Durigan (2009) além de sua grande importância como descritor, diferentemente da densidade e de outros atributos, a área basal sofre pouca influência do critério de inclusão, já que os indivíduos menores contribuem relativamente muito pouco para a área basal. Isso significa que utilizar 1 cm ou 5 cm de DAP como critério de inclusão, por exemplo, resultará em uma diferença muito pequena na área basal de comunidades florestais.

O recrutamento ou ingresso é o processo pelos quais novos indivíduos entram na nova etapa de medição, sendo uma informação importante para que as florestas naturais possam ser utilizadas em base sustentável (AZEVEDO et al., 1995).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido na Reserva Natural Vale (RNV), localizada 30 km ao norte do município de Linhares no norte do estado do Espírito Santo, entre os paralelos 19° 06'a 19° 18' de latitude sul e os meridianos 39° 45'a 40° 19' de longitude oeste (JESUS & ROLIM, 2005) (Figura 1).

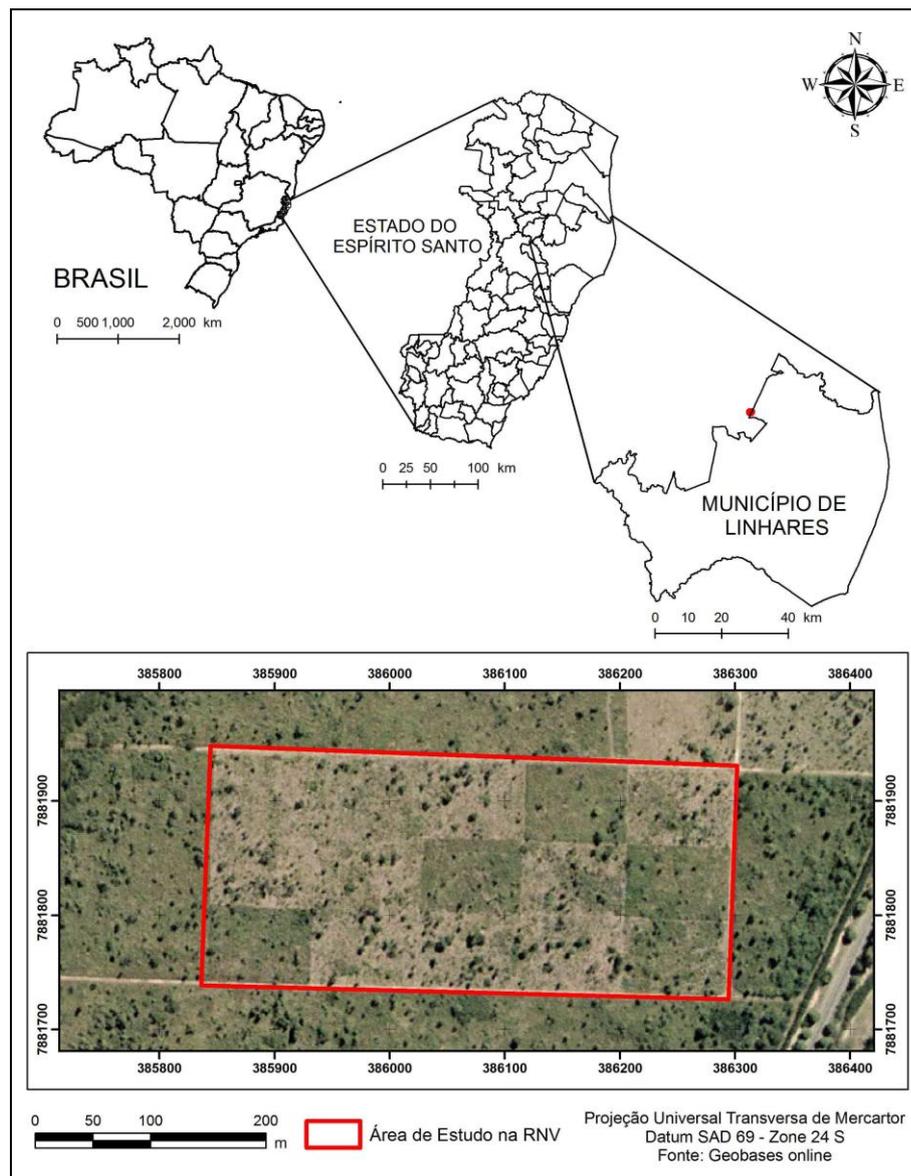


Figura 1. Localização da área de estudo na Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES.

O clima da região de estudo é do tipo Awi (KÖPPEN, 1948), tropical quente e úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. De acordo

com o Jesus e Rolim (2005) a precipitação pluviométrica média anual é de 1202 mm e a temperatura média anual é de 23,3 °C, com média mínima de 14,8°C e máxima de 34,2°C. A umidade relativa apresenta pouca variabilidade com médias anuais de 80,6 a 86,6%.

O relevo da RNV caracteriza-se por uma sequência de colinas tabulares com altitudes variáveis entre em 28 e 65 m, entrecortadas por vales amplos e rasos (SUGUIO et al., 1982). A Floresta de Tabuleiro na RNV é classificada como Floresta Estacional Perenifólia, classificação esta intermediária entre a Floresta Ombrófila e Estacional Semidecídua do IBGE (VELOSO et al., 1991; ENGEL, 2001). O solo da RNV é classificado como Argissolo Amarelo (SANTOS et al., 2006). A análise granulométrica para a área de estudo pode ser observada na tabela 1:

Tabela 1. Análise granulométrica em quatro profundidades para o solo da área de estudo na Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES

Profundidade	Argila	Silte	Areia Total
cm		%	
0 - 5	11,7	1,8	86,5
5 - 10	12,0	1,9	86,1
10 - 20	13,2	1,6	85,2
20 - 40	17,3	2,0	80,7

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

O experimento foi instalado em agosto do ano de 2007, em blocos casualizados com 4 tratamentos e 3 repetições (Figura 2), ocupando uma área total de 7,02 ha (12 parcelas), onde cada repetição tem 65 x 90 m. No entanto, a área útil de cada parcela é 50 x 40 m, existindo uma borda entre um tratamento e outro. As áreas com um ``X`` são parcelas referente a um tratamento que até o momento é igual ao tratamento 4, sendo, portanto, desconsiderado para essa fase do estudo.



Figura 2. Caracterização dos tratamentos nos blocos área de estudo na Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES. Fonte: Geobases online (2008)

A área apresentava-se coberta com sapé e algumas árvores isoladas em regeneração, sendo anteriormente ocupada com um plantio de eucalipto. Os seguintes tratamentos foram aplicados no momento da implantação:

T1 (Controle): Somente o controle de formigas cortadeiras;

T2: Roçada manual seletiva, capina química seletiva, controle de formigas e as espécies tolerantes ao herbicida, como algumas lianas ocorrentes, foram destocadas;

T3: Idêntico ao tratamento 2, mas com o plantio aleatório de mudas de espécies pioneiras da Mata Atlântica (Tabela 2) no espaçamento de 5 x 5 m, intercalando, no mesmo espaçamento, o semeio de *Sesbania grandiflora* em covas (10 sementes por cova). Portanto, o espaçamento final para este tratamento foi de 2,5 x 2,5 m.

T4: Idêntico ao tratamento 2, mas com o plantio aleatório de mudas de 54 espécies da Mata Atlântica (Tabela 3) no espaçamento próximo de 3 x 3 m.

Tabela 2. Espécies florestais pioneiras da Mata Atlântica utilizadas no tratamento 3

Família	Espécie	Nome Vulgar
BIGNONIACEAE	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K. Schum.	Cinco folhas
BIXACEAE	<i>Bixa arborea</i> Huber	Urucum da mata
CLUSIACEAE	<i>Vismia aff. martiana</i> Reichardt.	Copiã
EUPHORBIACEAE	<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Boleira
FABACEAE	<i>Inga</i> sp.	Ingá mole
	<i>Parapiptadenia pterosperma</i> (Benth.) Brenan	Angico vermelho
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Angico canjiquinha
	<i>Poeppigia procera</i> C. Presl.	Côco d'óleo
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Guapuruvú
	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & R.C. Barneby	Angico branco
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia cf. cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	Guaratã
NYCTAGINACEAE	<i>Guapira pernambucensis</i> (Casar.) Lundl.	João moleza
PHYTOLACCACEAE	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms.	Pau d'álho
URTICACEAE	<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	Imbaúba branca

Tabela 3. Espécies florestais da Mata Atlântica utilizadas no tratamento 4 com seus respectivos Grupos Ecológicos (GE)

Família	Espécie	Nome Vulgar	GE
ANACARDIACEAE	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Aderne	SI
APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll. Arg.	Peroba osso	ST
ARECACEAE	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Gerivá	ST
BIGNONIACEAE	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K. Schum.	Cinco folhas	PI
	<i>Handroanthus riococensis</i> (A.H. Gentry) S. O. Grose	Ipê amarelo	SI
	<i>Handroanthus umbellatus</i> (Sond.) Mattos	Ipê brasil	PI
	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Ipê coceira	SI
	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose	Ipê ovo de macuco	SI
	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê roxo	SI
	<i>Paratecoma peroba</i> (Record & Mell.) Kuhlm.	Peroba amarela	CL
BIXACEAE	<i>Bixa arborea</i> Huber	Urucum da mata	PI
CLUSIACEAE	<i>Vismia aff. martiana</i> Reichardt.	Copiã	PI
COMBRETACEAE	<i>Terminalia kuhlmannii</i> Alwan & Stace	Pelada	SI
EUPHORBIACEAE	<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Boleira	PI
FABACEAE	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	Angelim côco	ST
	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & R.C. Barneby	Angico branco	PI
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Angico canjiquinha	PI
	<i>Parapiptadenia pterosperma</i> (Benth.) Brenan	Angico vermelho	PI
	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	Caboretinga	CL

Continua ...

Tabela 3, Continuação:

Familia	Espécies	Nome Vulgar	GE	
FABACEAE	<i>Amburana cearensis</i> (Fr. All.) A.C. Smith	Cerejeira	PI	
	<i>Poeppigia procera</i> C. Presl.	Côco d'óleo	PI	
	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Garapa	ST	
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Guapuruvú	PI	
	<i>Inga</i> sp.	Ingá mole	PI	
	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Jataipeba	ST	
	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth.	Jueirana vermelha	SI	
	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Madeira nova	SI	
	<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G. Azevedo & H.C. Lima	Óleo amarelo	SI	
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Óleo de copaíba	SI	
	<i>Dimorphandra jorgei</i> M.F. Silva	Pau para tudo	SI	
	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl.	Pau sangue	SI	
	LAURACEAE	<i>Cinnamomum</i> sp. nov.	Canela vermelha	CL
	LECYTHIDACEAE	<i>Couratari asterotricha</i> Prance	Imbirema	SI
LECYTHIDACEAE	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	Jequitibá rosa	ST	
LECYTHIDACEAE	<i>Lecythis lanceolata</i> Poir.	Sapucaia mirim	CL	
MALVACEAE	<i>Pseudobombax</i> cf. <i>grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns	Paineira da pedra	SI	
	<i>Ceiba pubiflora</i> (A. St.-Hil.) K. Schum.	Paineira de espinho	SI	
MALVACEAE	<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	Paineira rosada	SI	
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia</i> cf. <i>cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	Guaratã	PI	
MELIACEAE	<i>Cedrela odorata</i> Linn.	Cedro rosa	SI	
MORACEAE	<i>Ficus clusifolia</i> Schott	Gameleira	SI	
MORACEAE	<i>Ficus gomelleira</i> Kunth & C.D. Bouché	Mata pau	SI	
MYRTACEAE	<i>Myrcia</i> aff. <i>atropunctata</i> Kiaersk.	Araçá estrela	PI	
NYCTAGINACEAE	<i>Guapira pernambucensis</i> (Casar.) Lundl.	João moleza	PI	
PHYTOLACCACEAE	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms.	Pau d'álho	PI	
RUBIACEAE	<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	ST	
SALICACEAE	<i>Carpotroche brasiliensis</i> (Raddi.) A. Gray	Sapucainha	CL	
SAPINDACEAE	<i>Toulicia laevigata</i> Radlk.	Camboatá branco	SI	
SAPOTACEAE	<i>Pouteria</i> sp.	Bapeba rugosa	CL	
	<i>Pouteria psammophila</i> (Mart.) Radlk.	Leiteiro branco	ST	
	<i>Manilkara bella</i> Monach.	Parajú	CL	
URTICACEAE	<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	Imbaúba branca	PI	

Nos tratamentos 3 e 4 onde houve plantio de mudas, procedeu-se com adubação composta por 200 g de superfosfato simples, aplicado na cova no momento do plantio. As mudas utilizadas foram de espécies nativas da Mata Atlântica (Tabelas 2 e 3), disponíveis no viveiro da RNV na ocasião do plantio. As espécies nativas da Mata Atlântica utilizadas no tratamento 3 foram classificadas em quatro grupos ecológicos (GE): pioneiras (PI), secundárias iniciais (SI), secundária tardia (ST) e Climáxica (CL) de acordo com os estudos

realizados por Lima et al. (2010), Colonetti et al. (2009), Jesus e Rolim (2005), Silva et al. (2003), Rolim et al. (1999).

Para manutenção dos tratamentos após a sua implantação, as seguintes atividades foram realizadas (Tabela 4):

Tabela 4. Atividades realizadas para manutenção dos tratamentos durante o primeiro, segundo e terceiro anos após a implantação do experimento

Trat.	Atividade	1º ano	2º ano	3º ano
		Número de vezes		
1	Controle de formigas	1	1	1
	Controle de formigas	2	2	2
2	Roçada manual seletiva	4	3	2
	Aplicação seletiva de herbicida	2	1	1
3	Controle de formigas	2	2	2
	Coroamento das mudas e no semeio	2	2	1
	Roçada manual seletiva	4	3	2
	Aplicação seletiva de herbicida	2	1	1
4	Controle de formigas	2	2	2
	Coroamento das mudas	2	1	1
	Roçada manual seletiva	4	3	2
	Aplicação seletiva de herbicida	2	1	1

3.3. AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS PARA A RESTAURAÇÃO FLORESTAL

3.3.1. Atributos químicos do solo

Para analisar os atributos químicos do solo nos diferentes tratamentos, foram coletadas amostras de solo nas profundidades 0 – 5; 5 – 10; 10 – 20 e 20 – 40 cm (Figura 3A), no mês de novembro de 2010.

Foram coletadas de forma sistemática cinco subamostras (300 a 500 g de solo) em cada profundidade por parcela. A sistematização foi definida coletando subamostras nos quatro cantos e no centro da área útil da parcela. Com auxílio de um enxadão foram abertas covas de aproximadamente 40 cm de profundidade e, utilizando uma pá de jardineiro, as subamostras foram retiradas em cada profundidade da cova e depositadas em baldes previamente identificados. Uma régua foi inserida verticalmente dentro da cova auxiliando no momento da coleta do solo para que os intervalos das profundidades (0 – 5; 5 – 10; 10 – 20 e 20 – 40 cm) fossem respeitados. Depois de retiradas as cinco subamostras nas quatro profundidades na parcela, essas foram depositadas

por profundidade nos baldes e homogeneizadas. De cada balde foi retirada uma amostra composta por parcela em cada profundidade.



Figura 3. Visualização da coleta de solo – A; coleta de serapilheira acumulada - B; e índice de área foliar – C na área de estudo na Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES.

Para cada amostra composta foi realizada a análise dos nutrientes P, K, Ca, Mg, Na e Al e matéria orgânica (MO), segundo a metodologia EMBRAPA (1997): pH em H₂O 1:2,5; P, K e Na extraíveis, por Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); Ca, Mg e Al trocáveis, por KCl 1 mol L⁻¹; H + Al, por solução tampão SMP; e MO por colorimetria.

Com base nos dados da análise química do solo, foram calculados os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t) e potencial (T), saturação por bases (V), por alumínio (m) e por sódio (ISNa).

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$$

$$t = SB + Al^{3+}$$

$$T = SB + (H^+ + Al^{3+})$$

$$V = (SB/T) \cdot 100$$

$$m = (Al^{3+}/t) \cdot 100$$

$$ISNa = (Na^+/T) \cdot 100$$

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, realizada para cada profundidade. Consideram-se tratamentos diferentes quando significativos a 5 % pelo teste F. Utilizou-se a palavra – tendência – para expressar diferenças estatísticas no intervalo entre 5 e 20 % pelo teste F, assim como indicado por Olszewski et al. (2004).

3.3.2. Serapilheira acumulada

Foram coletas de forma sistemática 10 amostras de serapilheira acumulada em cada parcela, utilizando gabaritos de madeira de 25 x 25 cm (Figura 3 B). As coletas foram realizadas no mês de novembro de 2010.

Para determinação da biomassa das amostras de serapilheira acumulada, as 10 amostras foram colocadas separadamente em sacos de papel, secas em estufa de circulação e renovação de ar a 65°C até alcançar peso constante, e que foi aferida em balança de precisão (0,01g). A quantidade de serapilheira acumulada encontrada no gabarito de madeira ($g\ 0,0625\ m^{-2}$) de cada parcela foram estimadas para megagrama por hectare ($Mg\ ha^{-1}$).

Para realização da análise química da serapilheira acumulada, as 10 amostras de cada parcela após secas e pesadas, foram homogeneizadas e trituradas em moinho do tipo Wiley, passadas em peneiras de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenadas em frascos de vidros para subsequente análise dos teores de macro (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn, B) e carbono orgânico (CO) no Laboratório de Ecologia Florestal do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria.

O N foi determinado pelo método Kjeldahl, chamado também de digestão sulfúrica usando o destilador de nitrogênio. Os teores de P e B foram lidas no espectrofotômetro UV-VIS. No espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) foram determinados os teores de Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn. O S foi analisado pelo método da turbidimetria e o K através da fotometria de chama.

O teor de C foi obtido utilizando a combustão seca em auto-analisador CHNS, conforme metodologia descrita por Tedesco et al., (1995) e Miyazawa et al., (1999).

O conteúdo dos nutrientes e carbono orgânico contidos na serapilheira transferidos para o solo via deposição foi estimado pela equação abaixo (CUEVAS e MEDINA, 1986):

$$QNT = []_{\text{nutriente}} BSD$$

Em que:

QNT = Conteúdo de nutrientes transferidos para o solo (g ha^{-1} ou mg ha^{-1})

[] = Teor do nutriente na serapilheira (g kg^{-1} ou mg kg^{-1});

BSD = Biomassa seca da serapilheira depositada (kg ha^{-1}).

Os dados obtidos de biomassa da serapilheira acumulada, teor e conteúdo dos nutrientes e carbono orgânico foram submetidos a análise de variância, e quando significativas, as médias serão comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3.3. Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF) foi coletado em todas as parcelas utilizando o aparelho LAI-2000 (LI-COR, PCH1773). Foram medidos 20 pontos de forma aleatória em cada parcela a 70 cm de altura. O aparelho determinou um IAF médio por parcela (Figura 3 C). A coleta dos pontos ocorreu no mês de novembro de 2010, nas primeiras horas do dia ou no fim da tarde, respeitando as normas de uso do aparelho.

Os valores de IAF de cada tratamento foram submetidos a análise de variância, e quando significativas, as médias serão comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3.4. Análise da vegetação arbórea

Para o estudo florístico e de crescimento da vegetação arbórea dos tratamentos foram medidos todos os indivíduos das parcelas com diâmetro a altura do peito (DAP) igual ou superior a 5 cm. No momento da implantação do experimento em agosto de 2007, no primeiro ano (agosto de 2008), segundo ano (agosto de 2009) e terceiro ano (agosto de 2010) foi medida a

circunferência à altura do peito (CAP) utilizando uma fita métrica. A CAP foi, posteriormente, convertida em DAP, de todos os indivíduos das parcelas.

As espécies foram classificadas taxonomicamente de acordo com o sistema do Angiosperma Phylogeny Group III (APG III), estando os materiais coletados depositados no Herbário da RNV. As espécies foram agrupadas, como sugerido por Gandolfi et al. (1995), em quatro grupos ecológicos (GE): pioneiras (PI), secundárias iniciais (SI), secundárias tardias (ST) e climáticas (CL), de acordo com os estudos realizados por Siminski et al. (2011), Almeida et al. (2010), Colonetti et al. (2009), Moraes et al. (2008), Jesus e Rolim (2005), Silva et al. (2003), Souza et al. (2002) e Rolim et al. (1999).

As pioneiras são as espécies que geralmente possuem sementes de grande longevidade, formando banco de sementes no solo, crescimento muito rápido, colonizadoras de grandes clareiras ou da borda da floresta, já que dependem de luz para germinação e crescimento. Normalmente, o ciclo de vida é curto, no entanto algumas de vida longa podem ocorrer no dossel da floresta.

As secundárias iniciais são aquelas que preferem menor luminosidade para germinação, normalmente pequenas clareiras, podendo formar banco de plântulas e exigindo clareiras para alcançar a fase reprodutiva. Apresentam um ciclo de vida um pouco mais amplo que o grupo anterior, constituindo-se de um grupo bastante heterogêneo.

As secundárias tardias são espécies que também preferem menor luminosidade para germinação e estabelecimento, geralmente em pequenas clareiras, podendo formar banco de plântulas e juvenis. Também exigem clareiras para alcançar a fase reprodutiva. O crescimento é mais lento, ciclo de vida mais amplo, madeira dura, sementes tolerantes e amplamente dispersas pelo vento.

As climáticas são espécies que se desenvolvem preferencialmente em sub-bosque e podem completar seu ciclo de vida na sombra. O ciclo de vida é muito amplo.

Os dados dos inventários, DAP e listagem de espécies, foram organizados em planilhas eletrônicas. Foram calculados os seguintes parâmetros para cada parcela: ingresso total do número de indivíduos ha^{-1} (INI ha^{-1}) e ingresso da área basal (IAB – $m^2 ha^{-1}$) para o primeiro, segundo e

terceiro ano de experimentação. A estimativa da area basal foi obtida utilizando a seguinte equacao:

$$AB = \frac{\Pi.DAP^2}{40000}$$

Onde:

AB = área basal (m²);

DAP = diametro a altura do peito (cm).

Os dados de ingresso do número de indivíduos ha⁻¹ e da área basal para os tratamentos em estudo foram submetidos à análise de perfis a 5% de probabilidade, conforme Johnson e Wichern (1998), em rotina implementada no *software* Matlab 6.5[®]. A análise de perfis tem por objetivo testar hipóteses sobre os perfis médios de respostas dos diversos tratamentos, isto é, sobre os valores médios da variável resposta nas diferentes condições de observação. Essa análise é realizada por pares de perfis médios dos tratamentos, onde estes são testados em três etapas. Na primeira, testa-se se os perfis médios de resposta dos diferentes tratamentos são paralelos, ou seja, se a interação entre os tratamentos e o tempo é nula. Assumindo-se que os perfis são paralelos, testa-se se os mesmos são coincidentes, ou seja, se existe diferença significativa entre as médias dos tratamentos. Por fim, se os perfis são coincidentes, testa-se se os perfis são horizontais. Nesse último caso analisa-se se há diferença significativa das médias no tempo. Quando os perfis são horizontais, pressupõe-se que as médias dos tratamentos analisados são coincidentes e, portanto, iguais, mas existe uma diferença das mesmas no tempo. Para averiguar essa diferença foi realizado o teste de médias pelo Método de Bonferroni a 5% de probabilidade.

➤ Teste para paralelismo dos perfis:

Rejeita-se $H_{01} : C\mu_1 = C\mu_2$ (paralelismo dos perfis) ao nível α se:

$$T^2 = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)' C' \left[\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) C S_{combinada} C' \right]^{-1} C (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) > c^2$$

$$c^2 = \frac{(n_1 + n_2 - 2)(p-1)}{n_1 + n_2 - p} F_{p-1, n_1+n_2-p}(\infty)$$

➤ Teste para coincidência de perfis:

Rejeita-se $H_{02} : 1' \mu_1 = 1' \mu_2$ (perfis coincidentes) ao nível α se:

$$T^2 = 1' (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \left[\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) 1' S_{combinada} 1 \right]^{-1} 1' (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) > c^2$$

Simplificando:

$$T^2 = \left[\frac{1' (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) 1' S_{combinada} 1}} \right]^2 > t^2_{n_1+n_2-2} \left(\frac{\infty}{2} \right) = F_{1, n_1+n_2-2}(\infty)$$

➤ Teste para perfis horizontais:

Rejeita-se $H_{03} : C\mu = 0$ (perfis horizontais) ao nível α se:

$$(n_1 + n_2) \bar{x}' C' [CSC']^{-1} C \bar{x} > c^2$$

$$c^2 = \frac{(n_1 + n_2 - 2)(p-1)}{n_1 + n_2 - p + 1} F_{p-1, n_1+n_2-p+1}(\infty)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n_1 + n_2} \left(\sum_{j=1}^{n_1} x_{1j} + \sum_{j=1}^{n_2} x_{2j} \right) = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \bar{x}_1 + \frac{n_2}{n_1 + n_2} \bar{x}_2$$

Em que:

p = tratamentos;

\bar{x}_1 = média do grupo 1;

\bar{x}_2 = média do grupo 2;

n_1 = tamanho da amostra independente do grupo 1;

n_2 = tamanho da amostra independente do grupo 2;

C = matriz de contrastes;

S = matriz de covariâncias amostrais baseada em todas as n_1+n_2 observações;

$S_{combinada}$ = matriz de covariâncias combinadas.

Quando os perfis são paralelos, porém não coincidentes isso indica que as médias dos perfis dos tratamentos tem o mesmo comportamento ao longo do tempo, no entanto são estatisticamente diferentes. Já quando os perfis não são paralelos, os tratamentos são estatisticamente diferentes. Nesses dois casos é necessário testar as médias dos tratamentos separadamente ao longo do tempo. Para o estudo em questão, as médias foram testadas pelo Método de Bonferroni a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Na tabela 5 são apresentados os resultados da análise química do solo para os tratamentos em estudo e na tabela 6 constam as interpretações dos resultados de acordo com o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZZOTI et al., 2007).

Na profundidade de 0-5 cm não foram encontradas diferenças ($p < 0,05$) para os atributos do solo analisados (Tabela 5). Há uma tendência ($0,05 < p < 0,2$) do teor de Ca ser maior para o tratamento 2 e menor no tratamento 1. O tratamento 3 apresentou maior tendência de teor de P quando comparado ao tratamento 1, que, por sua vez, tende a apresentar maiores teores de K e Na. Houve maior tendência do índice de saturação de Na (ISNa) ser maior para o tratamento 1 quando comparado aos outros três tratamentos.

Tabela 5. Resultado da análise química do solo na área de estudo - Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES

Trat.	pH em H ₂ O	Ca	Mg	Al	P	K	Na	MO	SB	H+Al	t	T	V	m	ISNa
	-	cmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³			dag kg ⁻¹	cmolc dm ⁻³			%			
Profundidade de 0 - 5 cm															
1	5,9 aA	1,8 aB	0,4 aA	0,0 aA	3,0 aB	47,7 aA	21,0 aA	3,1 aA	2,3 aA	1,9 aA	2,3 aA	4,2 aA	55,5 aA	0,0 aA	2,2 aA
2	5,8 aA	2,6 aA	0,4 aA	0,1 aA	5,7 aAB	30,7 aB	14,3 aB	2,9 aA	3,0 aA	2,2 aA	3,1 aA	5,2 aA	58,2 aA	2,3 aA	1,2 aB
3	5,8 aA	2,2 aAB	0,3 aA	0,1 aA	8,3 aA	33,0 aB	16,0 aAB	4,1 aA	2,6 aA	2,2 aA	2,6 aA	4,7 aA	53,6 aA	3,3 aA	1,5 aB
4	5,8 aA	2,3 aAB	0,4 aA	0,0 aA	6,0 aAB	33,7 aAB	16,3 aAB	3,8 aA	2,8 aA	2,1 aA	2,8 aA	4,9 aA	56,5 aA	0,0 aA	1,5 aB
Profundidade de 5 - 10 cm															
1	5,9 aA	1,3 bB	0,2 aA	0,0 aA	2,7 aB	39,0 aA	18,3 aA	2,8 aA	1,6 bB	2,0 aA	1,6 cB	3,6 bB	45,3 aA	0,0 aA	2,2 aA
2	5,7 aA	1,9 abA	0,3 aA	0,1 aA	4,0 aAB	29,7 aA	14,0 aA	3,3 aA	2,2 abA	2,1 aA	2,3 abA	4,3 abAB	52,0 aA	2,7 aA	1,4 bB
3	5,6 aA	1,4 bB	0,2 aA	0,1 aA	4,0 aAB	27,0 aA	12,7 aA	3,7 aA	1,8 bB	2,3 aA	1,9 bcB	4,0 abB	43,9 aA	7,7 aA	1,3 bB
4	5,8 aA	2,2 aA	0,3 aA	0,0 aA	4,7 aA	28,7 aA	13,7 aA	3,1 aA	2,6 aA	2,3 aA	2,6 aA	4,9 aA	53,3 aA	0,0 aA	1,2 bB
Profundidade de 10 - 20 cm															
1	5,9 aA	1,2 abBC	0,2 aA	0,0 aA	2,0 aA	32,7 aA	14,7 aA	2,2 aA	1,5 aB	2,0 aAB	1,5 bB	3,5 aA	43,5 aBC	0,0 aA	1,8 aA
2	5,7 aA	1,6 abAB	0,3 aA	0,1 aA	3,0 aA	26,0 aAB	11,7 aA	2,5 aA	2,0 aAB	1,9 aAB	2,1 abA	3,9 aA	51,3 aAB	3,0 aA	1,3 aA
3	5,5 aA	1,1 bC	0,2 aA	0,2 aA	3,7 aA	24,3 aAB	11,7 aA	2,7 aA	1,4 aB	2,2 aA	1,6 abB	3,6 aA	37,4 aC	15,3 aA	1,3 aA
4	6,0 aA	2,0 aA	0,3 aA	0,0 aA	3,3 aA	23,3 aB	12,3 aA	2,7 aA	2,3 aA	1,7 aB	2,3 aA	4,0 aA	57,8 aA	0,0 aA	1,4 aA

Continua...

Tabela 5, Continuação:

Trat.	pH em H ₂ O	Ca	Mg	Al	P	K	Na	MO	SB	H+Al	t	T	V	m	ISNa
	-	cmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³			dag kg ⁻¹	cmolc dm ⁻³			%			
Profundidade de 20 - 40 cm															
1	5,9 aA	1,0 aB	0,1aA	0,0 aA	1,7 aA	22,7 aA	12,0 aA	1,4 aA	1,2 aA	1,7 aA	1,2 aB	2,9 aB	40,6 aAB	0,0 aA	1,8 aA
2	5,7 aA	1,2 aAB	0,2 aA	0,0 aA	2,7 aA	22,7 aA	11,3 aA	1,5 aA	1,5 aA	1,9 aA	1,5 aAB	3,3 aA	43,2 aAB	0,0 aA	1,5 aA
3	5,6 aA	0,9 aB	0,2 aA	0,2 aA	1,7 aA	23,7 aA	12,7 aA	1,5 aA	1,1 aA	2,0 aA	1,3 aB	3,1 aAB	34,5 aB	16,0 aA	1,7 aA
4	6,2 aA	1,5 aA	0,2 aA	0,0 aA	1,7 aA	20,7 aA	10,0 aA	1,5 aA	1,8 aA	1,6 aA	1,8 aA	3,3 aA	53,3 aA	0,0 aA	1,3 aA

Em que: Tratamentos - (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semeio da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, nas quatro profundidades estudadas, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal;

MO = Matéria orgânica; SB = Soma de bases; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação de bases; m = Saturação de alumínio; ISNa = Índice de saturação de Na;

Colunas seguidas por uma mesma letra minúscula e maiúscula para cada profundidade, não diferem estatisticamente entre si ao nível de, respectivamente, 5 % e 20 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Interpretação da análise química do solo na área de estudo - Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES

Trat.	Acidez	Ca	Mg	Al	P	K	MO	SB	H+Al	t	T	V	m
Profundidade de 0-5 cm													
1	M	M	B	B	B	B	A	M	B	B	B	M	B
2	M	M	B	B	B	B	M	M	B	M	M	M	B
3	M	M	B	B	B	B	A	M	B	M	M	M	B
4	M	M	B	B	B	B	A	M	B	M	M	M	B
Profundidade de 5-10 cm													
1	M	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	B	B
2	M	M	B	B	B	B	A	M	B	B	B	M	B
3	M	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B
4	M	M	B	B	B	B	A	M	B	B	M	M	B
Profundidade de 10-20 cm													
1	M	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	B	B
2	M	M	B	B	B	B	M	M	B	B	B	M	B
3	M	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	B	B
4	B	M	B	B	B	B	M	M	B	B	B	M	B
Profundidade de 20-40 cm													
1	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2	M	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	B	B
3	M	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	B	B
4	B	M	B	B	B	B	M	B	B	B	B	M	B

Em que: Tratamentos - (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semeio da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, nas quatro profundidades estudadas, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal.

B = Baixo; M = Médio e A = Alto.

Analisando a profundidade de 5-10 cm (Tabela 5), pode-se observar maior ($p < 0,05$) teor de Ca, soma de bases (SB) e CTC efetiva (t) para o tratamento 4 quando comparado aos tratamentos 1 e 3. Já a CTC a pH 7 (T) foi menor para o tratamento 1 e significamente maior para o tratamento 4. Nota-se maior valor de ISNa para o tratamento 1 e menor para os outros tratamentos estudados. Ainda analisando a profundidade de 5-10 cm, verifica-se uma tendência ($0,05 < p < 0,2$) de valores superiores de Ca, SB e t para os tratamentos 2 e 4 e menores para os tratamentos 1 e 3. O tratamento 4 tende a apresentar maior teor de P quando comparado ao tratamento 1 e maior valor de T quando comparado aos tratamentos 1 e 3. Houve uma tendência de maior valor de ISNa no tratamento 1.

Para a profundidade de 10-20 cm (Tabela 5) o teor de Ca foi significamente maior ($p < 0,05$) no tratamento 4 e menor no tratamento 3. O

tratamento 4 também apresentou valor de t superior ao tratamento 1. Para essa profundidade há uma tendência ($0,05 < p < 0,2$) do teor de Ca e valores de SB e saturação de bases (V) serem maiores para o tratamento 4 quando comparado aos tratamentos 1 e 3. Também há uma tendência de maior teor de K no tratamento 1 e menor para o tratamento 4. O t tende a ser maior nos tratamentos 2 e 4 e menor nos tratamentos 1 e 3.

Na profundidade de 20-40 cm (Tabela 5) não houve diferença ($p < 0,05$) entre os atributos do solo. No entanto há tendência ($0,05 < p < 0,2$) de maior teor de Ca e maior valor de t no tratamento 4 quando comparado aos tratamentos 1 e 3. O tratamento 4 ainda tende a ter maior V que o tratamento 3.

Para todos os tratamentos os valores dos atributos analisados tendem a decrescer em profundidade, assim como observado por Sá et al. (2003). Dos nutrientes analisados o Ca se destacou por apresentar níveis médios na maior parte das profundidades estudadas (Tabela 6).

De maneira geral, a área apresentou níveis baixos para os outros nutrientes. Segundo Jacomine (1974) os solos de tabuleiros apresentam baixa fertilidade natural.

Sá et al. (2003) estudando uma floresta secundária dos Tabuleiros em Sooretama, Região Norte do Espírito Santo verificou baixos teores de P e K, assim como observado nesse estudo. Baixos teores de P também foram verificados por Moraes et al. (2008) estudando os atributos químicos do solo (0-20 cm) de áreas sob floresta (60-70 anos de idade) e plantios mistos de espécies arbóreas nativas (8 anos de idade) em uma área de Floresta Ombrófila Densa, Rio de Janeiro.

Gama-Rodrigues et al. (2008) avaliaram os atributos químicos do solo de plantios puros de espécies arbóreas (32 meses de idade) e de um fragmento florestal de Mata Atlântica em sucessão secundária (40 anos de idade) no Rio de Janeiro. Os autores observaram que para a profundidade de 0-10 cm a fertilidade do solo sob as coberturas vegetais, de maneira geral, foi baixa, exceto para K que teve teores elevados. Esses autores também observaram que P disponível não variou entre as coberturas vegetais. Esses resultados revelam baixos teores de P em solos muito intemperizados.

No presente estudo há uma tendência de maior teor de K no tratamento 1, onde há predominância de gramíneas, corroborando com Troeh e

Thompson (2007) que afirmam maior uso de K que Ca por essas espécies. Vale lembrar que o K não é componente das estruturas das plantas, estando preferencialmente ligado a processos metabólicos. Isso faz com que, no processo de liberação dos nutrientes, ele seja um dos primeiros a serem disponibilizados para a solução do solo, e confere a esse elemento uma alta taxa de renovação interna ou realocação (MILLER, 1984).

Comparando um plantio misto (aos 3 anos de idade) de espécies arbóreas nativas com duas florestas secundárias (20 e 40 anos de idade), na Reserva Biológica de Poço das Antas, Barbosa (2000) observou que os teores de N, C, K e Ca + Mg no solo sob plantio foram semelhantes aos da floresta secundária com 20 anos de idade, que, por sua vez, apresentou níveis significativamente maiores de P.

Um mecanismo provável para evitar que o P seja um elemento limitante é o uso de espécies com potencial para a formação de associações micorrízicas (SIQUEIRA et al., 1998). Outra forma de aumentar a disponibilidade de P é aumentando os teores de matéria orgânica no solo. A produtividade de um sistema a longo prazo é bastante dependente do acúmulo de matéria orgânica, que evita a fixação do P e favorece a formação de um reservatório de P orgânico (FRANCO e FARIA, 1997).

O pH também se destacou por apresentar com acidez média, para os tratamentos e profundidades estudadas. Esse fato pode ser fruto de possíveis calagens realizadas na área quando ainda se cultivava eucalipto, o que pode ter influenciado também nos valores do Ca, Al e SB.

De acordo com Troeh e Thompson (2007) o cálcio trocável no solo possui uma importante relação com o pH e com a disponibilidade de vários outros nutrientes. Os valores para o pH observados nesse estudo, não condizem com os resultados encontrados por Barreto et al. (2006). Esses autores afirmam que os solos sob mata geralmente apresentam menores valores de pH, uma vez que a mineralização da matéria orgânica e os exudatos ácidos liberados pelas raízes das plantas contribuem para aumentar a acidez do solo. Moraes et al. (2008) também verificou solos mais ácidos em áreas sob floresta (60-70 anos de idade) e plantios mistos de espécies arbóreas nativas (8 anos de idade). No entanto, Fialho et al. (1991) relatam encontrar maiores teores de nutrientes e valores de pH para mata natural.

Estudando os solos sob povoamentos florestais (espécies de eucaliptos), Zaia e Gama-Rodrigues (2004) observaram acidez elevada (pH 4,6) e baixa fertilidade para a profundidade de 0–20 cm. Entretanto, esse comportamento não classifica os solos de mata como degradados nem de baixa fertilidade, pois todo o sistema funciona com base na ciclagem de nutrientes. Os nutrientes estão armazenados na espessa manta orgânica e são fornecidos para a vegetação gradativamente.

Os níveis de matéria orgânica também foram classificados como médios ou altos. Observam-se baixos teores de Al na área. Em estudo realizado por Fávero et al. (2008), os autores observaram que a redução da acidez trocável no solo sob um sistema agroflorestal está diretamente ligada ao maior aporte de material orgânico nesse sistema, promovendo complexação do Al com as formas mais lábeis de matéria orgânica.

Mendonça (1995) demonstrou que grandes quantidades de Al estão ligadas à matéria orgânica do solo, reduzindo a acidez trocável. De acordo com Gama-Rodrigues et al. (1999), solos sob plantios de espécies de leguminosas da mata atlântica, com idade de 22 anos, apresentaram maiores teores de carbono orgânico em relação aos fragmentos de floresta natural. Esses autores ainda observaram melhoria da fertilidade do solo por plantios florestais em relação a fragmentos de floresta natural nos tabuleiros costeiros do sudeste da Bahia.

De acordo com Moraes et al. (2008), plantios mistos de espécies arbóreas nativas têm alto potencial para restabelecer as taxas de ciclagem de nutrientes e os teores de matéria orgânica do solo no curto prazo.

Na área de estudo não foram identificados valores de ISNA superiores a 15%, não havendo, portanto, problemas de salinidade.

Segundo Marin (2002) as mudanças em variáveis do solo devido ao manejo, principalmente químicas, não ocorrem em curto espaço de tempo, sugerindo um tempo de 10 a 35 anos para que sejam observadas alterações. Essa afirmação corrobora com o estudo realizado por Boeger e Wisniewski (2003), em três estádios sucessionais distintos (inicial com 17 anos, intermediário com 30 anos e avançado com 55 anos) de uma floresta ombrófila densa das terras baixas, Paraná, crescendo sobre solo arenoso e oligotrófico,

que verificaram composição físico-química semelhante para o solo nas três áreas estudadas.

De modo geral alguns nutrientes se destacaram por apresentar níveis médios na maior parte das profundidades estudadas (Tabela 6). Esse destaque pode ser em função também pela riqueza de espécies existentes em alguns tratamentos, bem como, processos relacionados a ciclagem de nutrientes. Nesse sentido, sabe-se que a manutenção do estoque de nutrientes minerais no solo, bem como da produtividade de biomassa das florestas de rápido crescimento, está intimamente relacionada a ciclagem de nutrientes.

4.2. SERAPILHEIRA ACUMULADA

4.2.1. Biomassa

A produção de serapilheira acumulada não diferiu estatisticamente entre os tratamentos estudados (Figura 4). As médias para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 foram, respectivamente, 5,7; 7,9; 9,1 e 7,1 Mg ha^{-1} , sendo a média geral 7,4 Mg ha^{-1} .

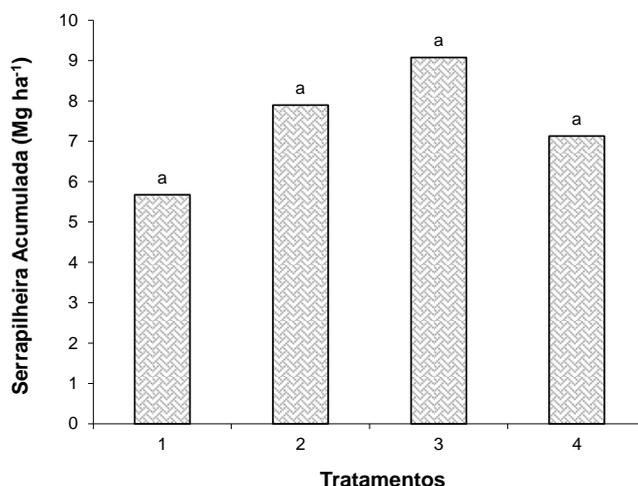


Figura 4. Serapilheira acumulada nos tratamentos: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semeio da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores de serapilheira acumulada do presente estudo corroboram com aqueles descritos por O'Connell e Sankaran (1997), que em determinados locais da América do Sul, para florestas tropicais naturais varia entre 3,1 e 16,5 Mg ha⁻¹.

Segundo Meguro et al. (1979), a produção de serapilheira em florestas sucessionais tropicais úmidas pode alcançar valores mais altos do que em florestas maduras, pois nas florestas sucessionais, em geral, ocorre maior número de espécies decíduas, além de mudanças na composição. Assim, a taxa de acumulação de serapilheira é elevada no período de maior crescimento do povoamento, estabilizando-se com a maturidade da floresta.

De acordo com a tabela 7 verifica-se que o acúmulo de serapilheira do presente estudo assemelha-se com os valores encontrados em outros estudos em tipologias florestais semelhantes.

O acúmulo de serapilheira é influenciado por fatores ambientais, como temperatura e umidade; pela qualidade inicial do material formador como, por exemplo, pelos componentes orgânicos; pelos macro e micronutrientes; pelos organismos do solo, como fauna, actomicetos e bactérias (O'CONNELL e SANKARAN, 1997; WEDDERBURN e CARTER, 1999), além de variar em função da procedência, da espécie, da cobertura florestal, do estágio sucessional, da idade, da época da coleta, do tipo de floresta e do local. Além desses fatores, outros como: condições edafoclimáticas e regime hídrico, sítio, sub-bosque, manejo silvicultural, proporção de copa, bem como taxa de decomposição e distúrbios naturais como fogo e ataque de insetos ou artificiais como remoção da serapilheira e cultivos, ocorridos na floresta ou no povoamento, também influenciam no acúmulo de serapilheira (CALDEIRA et al., 2008).

Tabela 7. Biomassa de serapilheira acumulada (Mg ha⁻¹) em diferentes tipologias florestais brasileiras

Tipologia Florestal		Local	Serapilheira Acumulada (Mg ha ⁻¹)	Referência
Floresta Estacional Perenifólia	Área em restauração florestal (3 anos)	Linhares - ES	7,4	Este Estudo
Floresta Estacional Semidecidual	Floresta secundária	Cachoeiro de Itapemirim - ES	7,5	Gonçalves, 2008
Floresta Ombrófila Densa Montana	Floresta secundária (40 anos)	Santa Maria Madalena, RJ	8,7	Cunha et al. (2009)
Floresta Estacional Semidecidual	Zona Riparia	Botucatu, SP	6,2	Vital, 2004
Floresta Estacional Semidecidual	Floresta secundária	São Gabriel, RS	8,4	Vogel; Schumacher, 2010
Floresta Ombrófila Densa Submontana	Estádio Inicial	Blumenau, SC	4,5	Caldeira et al., 2008
	Estádio Intermediário		5,0	
	Estádio Avançado		5,3	
Floresta Ombrófila Densa	Capoeira (6 anos)	Capitão Poço, PA	6,7	Hayashi, 2006
	Capoeira (10 anos)		5,6	
	Capoeira (20 anos)		5,6	
	Capoeira (40 anos)		3,7	
	Floresta primária		3,6	

4.2.2. Nutrientes e Carbono Orgânico

4.2.2.1. Teores de Macro e Micronutrientes e Carbono Orgânico

Os teores médios de macronutrientes na serapilheira acumulada podem ser observados na tabela 8, apresentando para o tratamento 1 a ordem decrescente: Ca > N > Mg > K > S > P e para os tratamentos 2, 3 e 4 a ordem decrescente: Ca > N > Mg > S > K > P. Não houve diferença estatística para os teores dos macronutrientes e CO entre os tratamentos.

Tabela 8. Teores médios dos macronutrientes, carbono orgânico e relação C/N da serapilheira acumulada na área de estudo - Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES

Teor	Unidade	Tratamentos				QMRes.	CV (%)
		1	2	3	4		
N		10,51	12,58	14,20	13,06	2,1168	11,56
P		0,29	0,34	0,36	0,34	0,0019	13,19
K	g kg ⁻¹	1,17	0,95	0,91	0,77	0,0622	26,29
Ca		12,18	13,07	14,22	17,37	3,0239	12,24
Mg		1,91	1,55	1,63	1,77	0,0528	13,40
S		0,94	0,99	1,12	1,01	0,0397	19,64
CO	%	42,23	41,73	39,83	42,00	4,0725	4,87
C/N	-	40,52 a	33,76 ab	28,07 a	32,22 ab	16,9238 *	12,23

Tratamentos: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semente da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES.

* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Linhas seguidas por uma mesma letra minúscula e maiúscula não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

O macronutriente que apresentou o maior teor foi o Ca, pelo fato de ser um componente estrutural das células do tecido vegetal e, deste modo, é um dos últimos nutrientes a ser liberado para o solo via decomposição da serapilheira. Segundo Clevelario Jr. (1996), o enriquecimento em Ca da serapilheira pode ser decorrente de uma liberação mais lenta deste elemento pelo material recém-caído, da translocação de outros elementos antes da abscisão das folhas, da redução da massa das folhas antes da abscisão e ou consequência da retenção de Ca contido na transprecipitação (chuva que atravessa o dossel) pela serapilheira.

O N foi o macronutriente que apresentou o segundo maior teor, corroborando com Hayashi (2006) que observou maiores concentrações de nitrogênio (N) nas florestas mais velhas (capoeira de 40 anos e floresta primária) do que em capoeiras mais novas.

De acordo com Caldeira (2003), diferentes teores, bem como conteúdos, de macronutrientes na serapilheira acumulada podem estar relacionados com a mobilidade dos nutrientes dentro da planta.

A ciclagem do K na relação solo-planta-solo é mais rápida do que a de outros nutrientes, por se tratar de um cátion monovalente (JORDAN, 1985).

Também é mais facilmente liberado por não fazer parte de moléculas orgânicas.

Os baixos teores de K na serapilheira acumulada estão relacionados com pequenas taxas desse nutriente na ciclagem biogeoquímica e também pela baixa absorção desse nutriente pelas plantas em relação a outros nutrientes como Ca e Mg. Já os teores de Ca na serapilheira acumulada são muitas vezes superiores aos existentes nos componentes da biomassa acima do solo.

O Mg tem seus teores reduzidos nas folhas, em função provavelmente da oxidação da clorofila, que ocorre quando as folhas estão em senescência e quando iniciam a decomposição sobre o solo (BRUN, 2004).

A ciclagem biogeoquímica, de modo geral, é a via pela qual os nutrientes de baixa mobilidade na planta são ciclados, uma vez que para esses nutrientes a ciclagem bioquímica torna-se pouco expressiva, contrariamente ao que ocorre para nutrientes de alta mobilidade na planta (CALDEIRA, 2003).

Vogel e Schumacher (2010) estudando a serapilheira acumulada de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de São Gabriel, RS, encontraram teores médios de 15,73 g kg⁻¹ de N; 0,63 g kg⁻¹ de P; 1,82 g kg⁻¹ de K; 14,19 g kg⁻¹ de Ca; 2,05 g kg⁻¹ de Mg; e 1,05 g kg⁻¹ de S. Considerando os teores médios dos nutrientes analisados na serapilheira acumulada para a área em estudo, somente o teor de Ca foi superior aquele encontrado por Vogel e Schumacher (2010). Para o presente estudo foram encontrados teores médios de: 12,59 g kg⁻¹ de N; 0,33 g kg⁻¹ de P; 0,95 g kg⁻¹ de K; 14,21 g kg⁻¹ de Ca; 1,71 g kg⁻¹ de Mg; e 1,01 g kg⁻¹ de S .

A relação C/N foi estatisticamente diferente para os tratamentos em estudo (Tabela 8). O valor encontrado para o tratamento 3 (28,07) está próximo daquele encontrado por Caldeira et al. (2007), em uma Floresta Ombrófila Mista Montana no município de General Carneiro, RS.

Paralelamente a mineralização, ocorre a imobilização de parte dos nutrientes para atender a demanda nutricional dos organismos decompositores. Da dinâmica e intensidade relativa entre estes dois processos opostos, tem-se a mineralização ou imobilização líquida, que determinam a disponibilidade de nutrientes. O balanço entre estes dois processos é muito complexo e depende da qualidade do resíduo em decomposição, tendo estreita correlação com a

relação C/N. Um dos principais fatores que determinam os processos de mineralização e imobilização é o teor de N dos resíduos.

Como os valores da relação C/N para os tratamentos 1, 2 e 4 são maiores que 30, a imobilização é superior a mineralização, fazendo com que a disponibilidade de N seja diminuída. Ou seja, a serapilheira causa imobilização líquida de N. A disponibilidade de N não é alterada para o tratamento 3, onde foram inseridas espécies pioneiras e uma leguminosa, que apresentou relação C/N entre 20 e 30 (STEVENSON, 1986). As leguminosas são geralmente ricas em N, apresentando baixa relação C/N.

De acordo com a tabela 9 observa-se que os teores de micronutrientes na serapilheira acumulada apresentaram a seguinte ordem decrescente: Fe > Mn > Zn > B > Cu. Esse resultado coincide com aquele encontrado por Caldeira et al. (2007) em uma Floresta Ombrófila Mista Montana no município de General Carneiro, RS. Somente o Zn apresentou diferença significativa ($p < 0,05$), com maior média para o tratamento 1 e menor para os tratamentos 2 e 4 pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 9. Teores médios dos micronutrientes da serapilheira acumulada na área de estudo - Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES

Teor (mg kg ⁻¹)	Tratamentos				QMRes.	CV (%)
	1	2	3	4		
B	32,85	27,72	29,16	27,45	20,73	15,54
Cu	14,73	13,69	14,21	11,98	2,97	12,63
Fe	880,37	949,12	1510,15	1218,69	225825,50	41,70
Mn	175,59	128,61	151,28	125,64	891,91	20,56
Zn	43,67 a	34,25 b	36,40 ab	34,08 b	10,45 *	8,72

Tratamentos: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semeio da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES.

* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Linhas seguidas por uma mesma letra minúscula e maiúscula não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Caldeira et al. (2007), relata que os maiores teores e conteúdos, principalmente de Fe e Zn na serapilheira acumulada, podem ser justificados pela sua mobilidade e, conseqüentemente, pelos seus maiores teores nas folhas de algumas espécies, bem como maiores teores médios nas folhas da

floresta em relação à madeira, casca e galhos. Outra justificativa pode ser a contaminação com o solo, ou seja, amostras de serapilheira com solo.

O B é o quarto micronutriente em teor e, conseqüentemente, em conteúdo na serapilheira acumulada, sendo que esse fato pode estar relacionado com a sua pouca mobilidade nos tecidos vegetais. Desse modo, é de se esperar que quanto mais velha a folha, maior o teor de B (JONES JÚNIOR, 1970).

Para os micronutrientes, poucos trabalhos com serapilheira acumulada sobre o solo foram realizados, podendo-se citar o estudo realizado por Vogel e Schumacher (2010) com a serapilheira acumulada em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de São Gabriel, RS, os autores encontraram um teores de 474,43 g kg⁻¹ de Fe; 11,53 g kg⁻¹ de Cu; 729,93 g kg⁻¹ de Mn; 33,37 g kg⁻¹ de Zn; e 24,09 g kg⁻¹ de B, sendo o teor de Mn maior do que aquele encontrado no presente estudo.

4.2.2.2. Conteúdo de Macro e Micronutrientes

Na tabela 10, pode-se observar o conteúdo médio de macronutrientes na serapilheira acumulada. Os elementos Ca e P, respectivamente, apresentaram com o maior e o menor conteúdo para os tratamentos estudados. A ordem decrescente dos conteúdos foi: Ca > N > K > Mg > S > P, diferindo da ordem encontrada por Caldeira et al. (2008) em uma Floresta Ombrofila Densa Submontana para estágio inicial e intermediário e da ordem encontrada por Vogel e Schumacher (2010) em uma Floresta Estacional Semidecidual, em que a ordem decrescente dos conteúdos foi: N > Ca > Mg > K > S > P.

O K foi o único nutriente que apresentou diferença estatística ($p < 0,05$), apresentando média superior para o tratamento 1 e menor para o tratamento 4, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Esse fato pode ser explicado pela predominância de gramíneas no tratamento 1, que de acordo com Treh e Thompson (2007) absorvem grandes quantidades de K.

Dentre os macronutrientes, o Ca apresentou o maior teor e conteúdo na serapilheira acumulada (Tabelas 8 e 10), fato este que pode estar relacionado com a sua pouca mobilidade nos tecidos vegetais. A baixa mobilidade deste macronutriente dentro dos tecidos vegetais é citada por

Nilsson et al. (1995) e Attiwill (1979) como um fator que determina que a maior quantidade de ciclagem deste nutriente na natureza seja feita pela queda e decomposição dos tecidos vegetais senescentes.

Tabela 10. Conteúdo médio de macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira acumulada na área de estudo - Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES

Conteúdo (kg ha ⁻¹)	Tratamentos				QMRes.	CV (%)
	1	2	3	4		
CO	4353,05	3303,63	3526,07	2992,63	1020173,00	28,50
N	108,98	101,61	126,04	92,43	1223,86	32,61
P	2,94	2,72	3,16	2,47	0,59	27,25
K	11,65 a	7,46 ab	8,10 ab	5,49 b	3,64 *	23,35
Ca	127,52	104,00	132,69	122,15	2372,25	40,06
Mg	19,92	12,34	15,14	12,66	31,69	37,49
S	9,71	8,11	9,78	7,12	7,03	30,53

Tratamentos: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semente da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES.

* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Linhas seguidas por uma mesma letra minúscula e maiúscula não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os elementos pouco móveis (S, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo) e imóveis (B e Ca) nos tecidos vegetais, tendem a acumular-se principalmente nas folhas mais velhas, que por caírem primeiro, levam ao aumento dos teores desses elementos na serapilheira.

Caldeira (2003) em seu estudo na Floresta Ombrófila Mista Montana no PR evidencia que a serapilheira acumulada é a principal via de transferência de N, K e Ca para o solo. Quantidades significativas de nutrientes e carbono orgânico podem retornar ao solo através da queda de componentes senescentes da parte aérea das plantas e sua posterior decomposição (CALDEIRA et al. 2008). Os valores do conteúdo de macronutrientes observados nesse estudo são superiores aqueles observados por Caldeira et al. (2008) para diferentes estágios.

Não foi encontrada diferença estatística para o conteúdo médio de micronutrientes na serapilheira acumulada entre os tratamentos avaliados (Tabela 11). A floresta em estudo apresentou para o conteúdo médio de

micronutrientes, a seguinte ordem decrescente: Fe > Mn > B > Zn > Cu diferindo da ordem encontrada por Caldeira et al. (2008) em uma Floresta Ombrófila Densa Submontana e Caldeira (2003), em uma Floresta Ombrófila Mista Montana, PR, que observaram a ordem decrescente: Fe > Mn > Zn > B > Cu.

Os maiores teores e conteúdos, principalmente de Fe na serapilheira acumulada podem ser justificados pela sua mobilidade. Segundo Dechen e Nachtigall (2006) e Malavolta (2006), em relação ao metabolismo do Fe na planta, deve-se levar em conta que este apresenta baixa mobilidade nos tecidos vegetais. Essa mobilidade é afetada, negativamente, por vários fatores, como elevado conteúdo de P, deficiência de K, quantidade elevada de Mn e baixa intensidade luminosa (DECHEN e NACHTIGALL, 2006). A outra justificativa pode ser em função dos maiores teores nas folhas velhas de algumas espécies, bem como teores médios maiores nas folhas da floresta em relação a madeira, casca e galhos (CALDEIRA, 2003). A contaminação com o solo, ou seja, amostra de serapilheira com solo pode ser considerada outra justificativa. Os conteúdos de argila e matéria orgânica no solo influenciam também na disponibilidade do Fe (DECHEN e NACHTIGALL, 2006).

Tabela 11. Conteúdo médio de micronutrientes na serapilheira acumulada na área de estudo - Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES

Conteúdo (kg ha ⁻¹)	Tratamentos				QMRes.	CV (%)
	1	2	3	4		
B	0,33	0,21	0,27	0,19	0,0043	25,97
Cu	0,15	0,11	0,12	0,09	0,0011	27,99
Fe	9,32	7,98	14,06	8,34	41,7879	65,14
Mn	1,81	1,11	1,41	0,88	0,3338	44,38
Zn	0,45	0,27	0,33	0,24	0,0102	31,21

Tratamentos: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semeio da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES.

* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

O segundo micronutriente com maior conteúdo na serapilheira acumulada é o Mn. Esse fato pode ser também em função da contaminação com o solo, ou seja, amostra de serapilheira com solo, pois o Mn no solo é

proveniente de óxidos, carbonatos, silicatos e sulfetos (DECHEN e NACHTIGALL, 2006). Cabe ressaltar que maiores teores e conteúdos de Mn na serapilheira acumulada podem ser justificados pelos seus maiores teores nas folhas de algumas espécies (CALDEIRA et al., 2008).

O B é o terceiro micronutriente em conteúdo na serapilheira acumulada, sendo que esse fato pode estar relacionado com a sua pouca mobilidade nos tecidos vegetais. Deste modo, quanto mais velha a folha maior o teor de B (JONES JÚNIOR, 1970). A mobilidade intermediária do B dentro dos tecidos vegetais (mobilidade intermediária no floema) (MARSCHNER, 1997) pode ser um dos fatores que determinam que a maior intensidade de ciclagem deste nutriente na natureza seja produzida pela queda e decomposição dos tecidos senescentes.

4.3. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Na figura 5 é apresentado o índice de área foliar (IAF), uma medida da superfície de um lado da folha por unidade de área de terreno, para os tratamentos em estudo. O maior índice de área foliar (1,35) foi obtido pelo tratamento 3, em que foram inseridas as espécies nativas pioneiras e uma leguminosa. Esse resultado corrobora com Kageyama e Castro (1989), que afirmam que as espécies pioneiras possuem maiores taxas de crescimento que as não pioneiras, proporcionando rápido fechamento do dossel. De acordo com Kageyama e Gandara (2000), o uso de espécies pioneiras em plantios para fins de restauração cria condições de sombreamento para as espécies dos estágios futuros de sucessão. Posteriormente ao tratamento 3, os melhores resultados foram observados, em ordem decrescente, nos tratamentos 4, 2 e 1, apresentando médias de IAF, respectivamente, 1,08; 0,52 e 0,26.

O valor de IAF do tratamento 3 (1,35), foi semelhante ao encontrado por Campoe (2008) em estudo semelhante para restauração de uma Floresta Mesófila Semidecidual, medido aos 36 e 42 meses. Para tratamentos com manejo silvicultural máximo, ou seja, livre de matocompetição e com 50 ou 67% de espécies pioneiras, esse autor encontrou um IAF médio de 1,34.

Feldpausch et al. (2005), estudando o desenvolvimento da regeneração de florestas de terra firme em pastagens abandonadas na Amazônia Central, observaram um IAF em torno de 1 para uma área de

abandono com 2 a 4 anos. Esse valor é superior ao encontrado nesse estudo para os tratamentos 1 e 2 (Figura 5). Carreire (2009), estudando a cobertura vegetal de florestas ombrófilas aberta e densa em sucessão secundária após corte e queima com cinco anos de idade, também encontrou um IAF (3,5) superior ao encontrado nesse estudo.

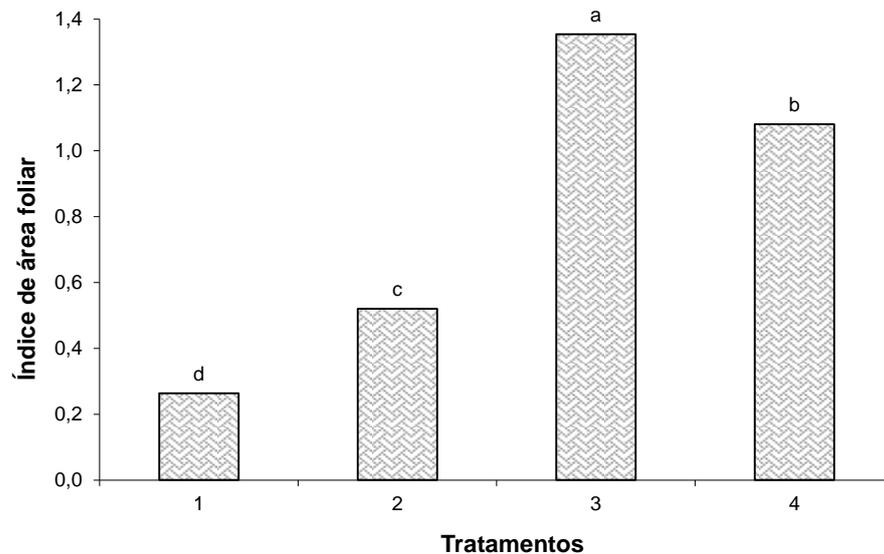


Figura 5. Índice de área foliar para os diferentes tratamentos estudados: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semeio da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica), em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ainda analisando a figura 5, podemos observar que o tratamento 2 obteve maior IAF que o tratamento 1, ou seja, os tratos silviculturais (roçada manual e capina química) implementados no tratamento 2 influenciaram de forma positiva o IAF. Campoe (2008) trabalhando com dois tipos de manejo silvicultural (usual - controle da matocompetição somente na linha de plantio e máximo - livre da matocompetição) para restauração de uma Floresta Mesófila Semidecidual - São Paulo, afirmou que o fator manejo foi o mais influente sobre IAF, aos 36 e 42 meses de estudo, mostrando que a ausência das limitações impostas pelo estresse ambiental favoreceu o desenvolvimento do

dossel florestal. De acordo com Hedman e Binkley (1988) e Nambiar (1990) o IAF é fortemente influenciado pelo estado nutricional e hídrico do sítio.

A eliminação da matocompetição também pode ter favorecido os tratamentos 2, 3 e 4 diminuindo a competição por nutrientes e água, já que o solo da área de estudo é pobre em nutrientes e muito arenoso, possuindo, portanto, baixa capacidade de retenção de água. Como relatado por Beadle (1997), o efeito combinado de fertilização e controle de plantas invasoras no desenvolvimento do dossel de plantações florestais só ocorrerá se estas invasoras forem adequadamente controladas, caso contrário, a forte competição imposta pelas gramíneas, no caso *Brachiaria decumbens*, aos recursos (água e nutrientes) reduzirá o efeito positivo da fertilização. Gower et al. (1999), afirma que o manejo silvicultural tem reflexos positivos sobre a produtividade de tais plantios florestais de restauração.

As folhas tem grande importância nas trocas de massa e energia no sistema solo-planta-atmosfera. Portanto, o IAF é uma medida de cobertura vegetal importante (CARUZZO e ROCHA, 2000), além de estar diretamente relacionada com a evapotranspiração e a produtividade (XAVIER e VETTORAZZI, 2003; LANG e MCMURTRIE, 1992). Descrever a estrutura de dosséis é essencial para o entendimento dos processos de troca entre a planta e a atmosfera, como energia e momento, mas também podem revelar estratégias da planta no seu processo evolutivo, como adaptações físico-químicas (NORMAN e CAMPBELL, 1989).

4.4. ANÁLISE DA VEGETAÇÃO ARBÓREA

4.4.1. Florística

Na tabela 12 pode-se observar o número de famílias e o número de espécies totais amostradas para indivíduos com DAP maior ou igual a 5 cm, nos tratamentos estudados no momento da implantação e nos 3 anos posteriores. Observa-se que no momento da implantação os tratamentos tinham, basicamente, o mesmo número de famílias e de espécies.

Tabela 12. Número de famílias e de espécies totais amostradas para indivíduos com DAP \geq 5 cm observados na área de estudo - Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES, para o ano de implantação do experimento e o primeiro, segundo e terceiro anos após a implantação

Tempo (anos)	Índice	T1	T2	T3	T4
Implantação	Número de famílias	9	7	7	9
	Número de espécies	11	8	10	12
1	Número de famílias	8	9	8	10
	Número de espécies	10	12	12	14
2	Número de famílias	8	10	10	13
	Número de espécies	11	16	14	18
3	Número de famílias	9	11	11	17
	Número de espécies	12	17	19	31

Tratamentos: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semeio da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES.

Ao longo dos três anos de estudo o tratamento 1 praticamente se manteve com o número de famílias e espécies iniciais e os outros tratamentos apresentaram um aumento para os dois parâmetros. O tratamento 2 que inicialmente tinha o menor número de espécies, no final do período estudado alcançou um número semelhante ao do tratamento 3, em que foram plantadas as espécies arbóreas pioneiras. O tratamento 4 se destacou, apresentando no final do terceiro ano após a implantação o maior número de famílias e de espécies, resultado este esperado já que nesse tratamento foram plantadas mudas de 54 espécies nativas.

Para o terceiro ano de estudo (Figura 6), os tratamentos apresentaram os quatro grupos ecológicos considerados (PI = pioneiras; SI = secundárias iniciais; ST = secundárias tardias; e CL = climáticas). A maior parte das espécies do tratamento 1 foram secundárias iniciais (33%). Pioneiras e climáticas foram encontradas na mesma proporção (25%) para este tratamento. As espécies climáticas se destacaram no tratamento 2, compondo 38% do total de espécies amostradas. Nos tratamentos 3 e 4 observa-se maior porcentagem de espécies pioneiras e secundárias iniciais.

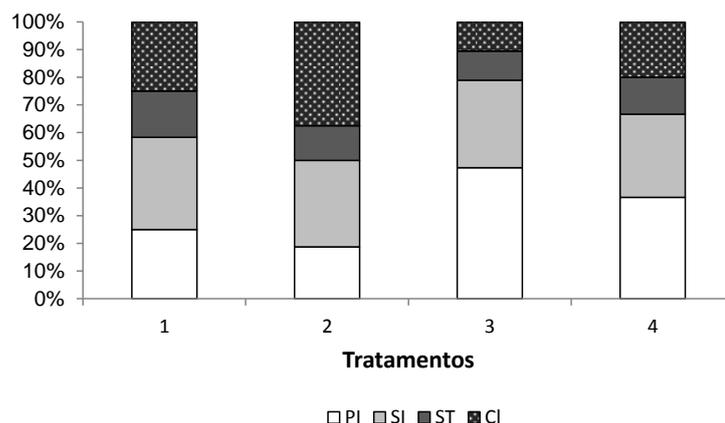


Figura 6. Porcentagem de espécies pioneiras (PI), secundárias iniciais (SI), secundárias tardias (ST) e climáticas (CL) em relação ao total de espécies amostradas, para indivíduos com DAP \geq 5 cm, no terceiro ano de estudo, nos tratamentos: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semente da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES.

As famílias mais ricas em espécies para o terceiro ano de estudo foram em geral, para os quatro tratamentos, Fabaceae, Anacardiaceae e Lecythidaceae (Tabela 13). As espécies *Astronium graveolens*, *Cecropia pachystachya*, *Couratari asterotricha*, *Lecythis lúrida*, *Machaerium fulvovenosum*, *Brosimum glaucum*, *Albizia polycephala* e *Aegiphila integrifolia* foram encontradas com frequência nos quatro tratamentos. No tratamento 3 algumas espécies como *Mimosa artemisiana*, *Senna multijuga*, *Sesbania grandiflora* e *Joannesia princeps*, que foram plantadas, contribuíram com grande número de indivíduos. Espécies que foram plantadas também se destacaram no tratamento 4, como *Joannesia princeps*, *Couratari asterotricha*, *Senna multijuga* e *Peltophorum dubium*.

Ferreira et al. (2007) analisando o crescimento de espécies arbóreas plantadas em um gradiente topográfico em área de empréstimo de terra para construção da barragem da UHE Camargos, MG, verificaram que todas as espécies que apresentaram os 10 maiores DAP médios e oito das que exibiram as 10 maiores alturas médias pertenciam à família Fabaceae. Costa et al. (2010) também relatam que a família Fabaceae apresentou maior número de espécies em uma área de floresta ciliar em processo de recuperação (7 anos

de idade) localizada na sub-bacia hidrográfica do rio Itapemirim, no Município de Alegre, ES. Isso reforça a tese de que espécies dessa família são fundamentais para a recuperação de áreas degradadas, pois apresentam rápido crescimento em ambientes adversos devido, principalmente, à capacidade de se associarem a fungos micorrízicos e bactérias do gênero *Rhizobium* (CHADA et al., 2004).

Somente o tratamento 4 apresentou, para os indivíduos que ingressaram no terceiro ano de estudo, espécies nos quatro grupos ecológicos (Figura 7). Grande parte dessas espécies foram pioneiras (33%), seguidas de secundárias iniciais (29%) e climáticas (24%). Não foram detectadas espécies secundárias tardias para os tratamentos 2 e 3. O primeiro apresentou proporções iguais de pioneiras e climáticas (38%). Já para o tratamento 3, a maior parte (64%) das espécies do ingresso em número de indivíduos foram pioneiras e somente 9% eram climáticas. No tratamento 1 ingressaram apenas indivíduos do grupo das espécies secundárias.

No entanto, a classificação das espécies em grupos ecológicos pode ser variável, uma vez que diferentes autores usam de critérios diferenciados para classificação, além do fato de que uma mesma espécie pode responder de forma diferente, devido à sua variabilidade genética, às condições ambientais como tipologia de solo, clima, regime hídrico (SILVA et al., 2003) ou às condições antrópicas como fogo, desmatamento, agricultura etc. (KAGEYAMA e GANDARA, 2000).

Tabela 13. Espécies amostradas na área de estudo - Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES, para indivíduos com DAP ≥ 5 cm, no terceiro ano (2010) após a implantação do experimento

Família	Espécie	Nome Vulgar	NI	GE
TRATAMENTO 1				
ANACARDIACEAE	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Aderne	5	SI
	<i>Astronium concinnum</i> (Engl.) Schott	Gonçalo alves	1	SI
BIGNONIACEAE	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K. Schum.	Cinco folhas	1	PI
FABACEAE	<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip	Manjolo	5	SI
	<i>Machaerium fulvovenosum</i> H.C.Lima	Jacarandá cipó	2	ST
LAMIACEAE	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Mululo	5	PI
LECYTHIDACEAE	<i>Couratari asterotricha</i> Prance	Imbirema	6	SI
	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Inuíba vermelha	1	CL
MORACEAE	<i>Brosimum glaucum</i> Taub.	Leiteira	2	ST
SAPINDACEAE	<i>Cupania cf. scrobiculata</i> L.C. Rich.	Cambuatá	1	CL
SAPOTACEAE	<i>Pradosia lactescens</i> (Vellozo) Radlk.	Marmixa	1	CL
URTICACEAE	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.	Imbaúba mirim	1	PI
TRATAMENTO 2				
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus arianae</i> (A.H. Gentry) S. O. Grose	Ipê preto	1	SI
BORAGINACEAE	<i>Cordia trichoclada</i> DC.	Catinga de preto	1	SI
CANNABACEAE	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Gurindiba	2	PI
FABACEAE	<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip	Manjolo	4	SI
	<i>Swartzia acutifolia</i> Vogel	Saco de mono	1	CL
	<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	Sucupira amarela	3	CL
	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemao	Caboretinga	3	CL
	<i>Swartzia linharensis</i> Mansano	Laranjinha	1	ST
LAMIACEAE	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Mululo	12	PI
LECYTHIDACEAE	<i>Couratari asterotricha</i> Prance	Imbirema	17	SI
	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Inuíba vermelha	2	CL
MORACEAE	<i>Brosimum glaucum</i> Taub.	Leiteira	2	ST
MYRTACEAE	<i>Psidium</i> sp.	Goiaba	4	nd
SAPINDACEAE	<i>Cupania cf. scrobiculata</i> L.C. Rich.	Cambuatá	1	CL
	<i>Cupania rugosa</i> Radlk.	Pau magro	2	CL
SIMAROUBACEAE	<i>Simaba subcymosa</i> A. St. Hil. & Tul.	Caxetão	1	SI
URTICACEAE	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.	Imbaúba mirim	8	PI
TRATAMENTO 3				
ANACARDIACEAE	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Aderne	4	SI
	<i>Astronium concinnum</i> (Engl.) Schott	Gonçalo alves	2	SI
	<i>Spondias cf. macrocarpa</i> Engl.	Cajá mirim	1	SI
BORAGINACEAE	<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	Frei Jorge	1	SI
CANNABACEAE	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Gurindiba	1	PI
EUPHORBIACEAE	<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Boleira	24	PI
FABACEAE	<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip	Manjolo	26	SI
	<i>Mimosa artemisiana</i> Heringer & Paula	Angico cangalha	18	PI
	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & R.C. Barneby	Angico branco	15	PI
	<i>Sesbania grandiflora</i> Poir.	Sesbania	10	PI
	<i>Machaerium fulvovenosum</i> H.C.Lima	Jacarandá cipó	2	ST
LAMIACEAE	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Mululo	23	PI
LECYTHIDACEAE	<i>Lecythis</i> sp.	Sapucaíú	1	CL

Continua ...

Tabela 13, Continuação:

Família	Espécie	Nome Vulgar	NI	GE
LECYTHIDACEAE	<i>Couratari asterotricha</i> Prance	Imbirema	5	SI
	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Inuíba vermelha	6	CL
MORACEAE	<i>Brosimum glaucum</i> Taub.	Leiteira	3	ST
MYRSINACEAE	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Pau chumbo	1	PI
SOLANACEAE	<i>Solanum sooretamum</i> Carvalho	Fumo bravo	1	PI
URTICACEAE	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.	Imbaúba mirim	3	PI
TRATAMENTO 4				
ANACARDIACEAE	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Aderne	4	SI
	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira do sertão	1	ST
ANACARDIACEAE	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Cupuba	2	PI
	<i>Astronium</i> sp.	Gibatão	1	nd
ARECACEAE	<i>Polyandrococos caudescens</i> (Mart.) Barb. Rodr.	Palmito amargoso	1	SI
BORAGINACEAE	<i>Cordia trichoclada</i> DC.	Catinga de preto	1	SI
EUPHORBIACEAE	<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Boleira	10	PI
FABACEAE	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	Angelim côco	1	ST
	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & R.C. Barneby	Angico branco	3	PI
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Angico canjiquinha	4	PI
	<i>Parapiptadenia pterosperma</i> (Benth.) Brenan	Angico vermelho	1	PI
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Guapuruvú	1	PI
	<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip	Manjolo	37	SI
	<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G. Azevedo & H.C. Lima	Óleo amarelo	1	SI
	<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	Sucupira amarela	5	CL
	<i>Centrolobium sclerophyllum</i> H. C. Lima	Araribá rosa	6	CL
	<i>Machaerium fulvovenosum</i> H.C.Lima	Jacarandá cipó	3	ST
LAMIACEAE	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Mululo	11	PI
LECYTHIDACEAE	<i>Couratari asterotricha</i> Prance	Imbirema	23	SI
	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Inuíba vermelha	7	CL
MALVACEAE	<i>Eriotheca candolleana</i> (K. Schum.) A. Robyns	Catuaba branca	2	SI
MORACEAE	<i>Brosimum glaucum</i> Taub.	Leiteira	1	ST
MYRSINACEAE	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Pau chumbo	1	PI
MYRTACEAE	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Araçá da praia	1	SI
	<i>Myrcia fallax</i> DC.	Batinga roxa	1	SI
PHYTOLACCACEAE	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms.	Pau d'álho	2	PI
SAPINDACEAE	<i>Cupania cf. scrobiculata</i> L.C. Rich.	Cambuatá	2	CL
SAPOTACEAE	<i>Pradosia lactescens</i> (Vellozo) Radlk.	Marmixa	1	CL
SIMAROUBACEAE	<i>Simaba cedron</i> Planchon	Caxeta amargosa	1	CL
SOLANACEAE	<i>Solanum sooretamum</i> Carvalho	Fumo bravo	3	PI
URTICACEAE	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.	Imbaúba mirim	2	PI

Em que: Tratamentos: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semeio da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica), em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES.

NI = Número de indivíduos amostrados por espécie e GE = Grupo ecológico (PI - Pioneiras; SI - Secundárias iniciais; ST - Secundária tardia e CL - Climática).

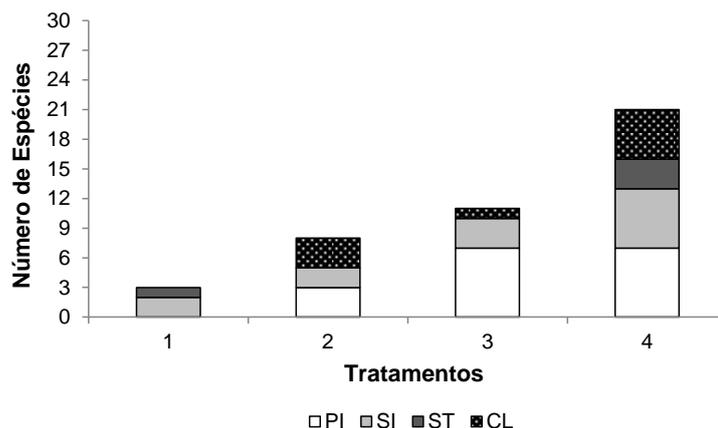


Figura 7. Número de espécies do ingresso para indivíduos com DAP \geq 5 cm no terceiro ano (2010) após a implantação dos tratamentos: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semeio da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES, e seus grupos ecológicos: PI = pioneiras; SI = secundárias iniciais; ST = secundárias tardias; e CL = climáticas.

Em estudo realizado por Boeger e Wisniewski (2003), em três estádios sucessionais distintos (inicial e intermediário) de uma floresta ombrófila densa das terras baixas no estado do Paraná, crescendo sobre solo arenoso e oligotrófico, foram encontradas 15 espécies arbóreas no estágio inicial da sucessão (17 anos) e 23 espécies arbóreas no estágio intermediário da sucessão (27 anos). Esses resultados mostram que em menos tempo (3 anos) o tratamento 2, em que somente houve controle da matocompetição, não sendo inseridas mudas de espécies arbóreas, apresentou maior número de espécies que aqueles encontrados pelos autores (Tabela 12).

Carreire (2009) estudando uma floresta secundária de terra-firme no Mato Grosso, que sofreu corte raso seguido de queima e estava abandonada por cinco anos, verificou 33 espécies na área de estudo. O tratamento 4, onde além do controle da matocompetição foram plantadas mudas de espécies arbóreas nativas, apresentou aos três anos de estudo resultado semelhante ao obtido pelo autor (Tabela 12).

4.4.2. Ingresso de Número de Indivíduos (INI ha⁻¹) e Área Basal (IAB - m² ha⁻¹)

Os perfis médios para o ingresso de número de indivíduos (INI ha⁻¹) e ingresso de área basal (IAB - m² ha⁻¹) de indivíduos com DAP ≥ 5 cm para os quatro tratamentos estudados, podem ser observados nas figuras 8 e 9.

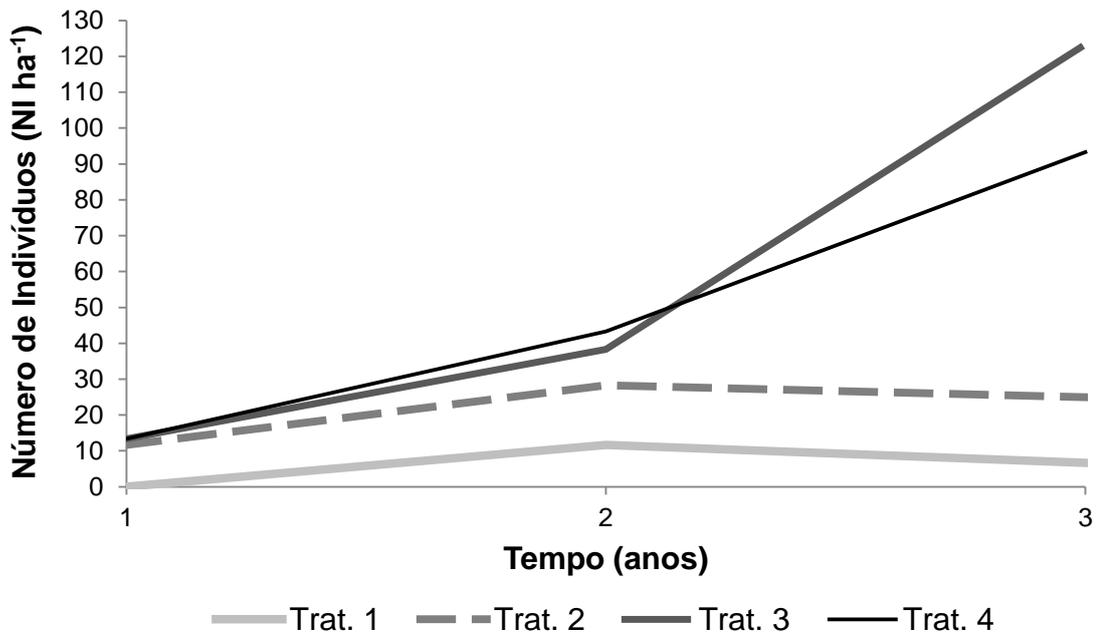


Figura 8. Perfis médios do ingresso de número de indivíduos com DAP ≥ 5 cm para os tratamentos: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semeio da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES, para o primeiro (2008), segundo (2009) e terceiro (2010) anos após a implantação (2007) do experimento.

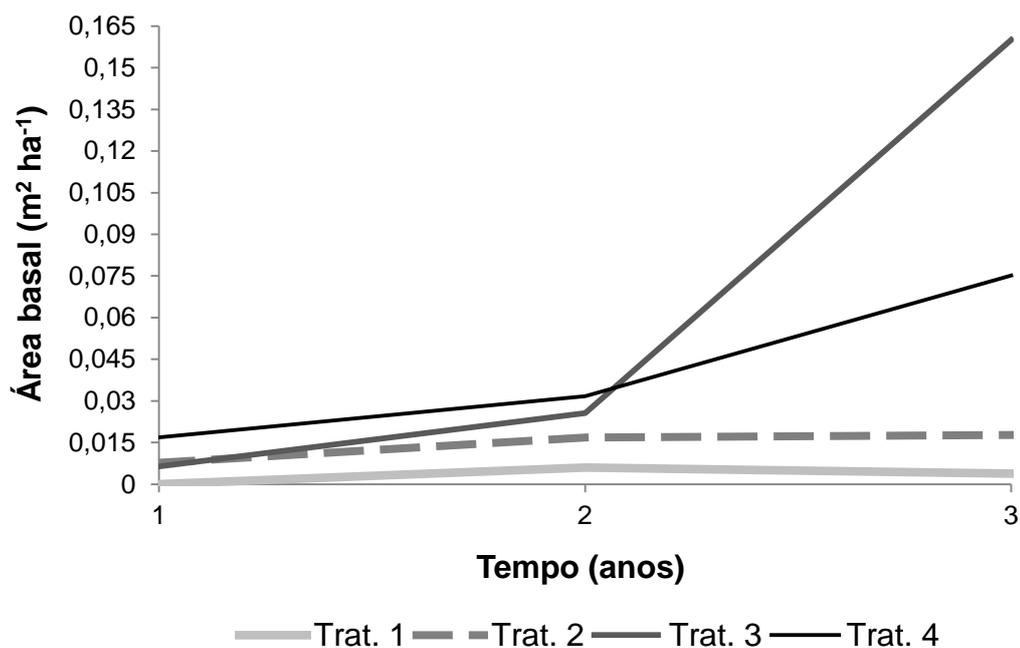


Figura 9. Perfis médios do ingresso de área basal para indivíduos com DAP ≥ 5 cm, nos tratamentos em estudo: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semeio da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES, para o primeiro (2008), segundo (2009) e terceiro (2010) anos após a implantação (2007) do experimento.

Na análise para os pares de perfis médios, os tratamentos 1 e 2 e os tratamentos 1 e 4 (Figuras 8 e 9) foram, estatisticamente ($p < 0,05$), paralelos porém não coincidentes, tanto para o ingresso de número de indivíduos (INI ha^{-1}) quanto para o ingresso de área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) (Tabela 14). Ou seja, os perfis médios desses tratamentos se comportaram da mesma forma ao longo do tempo, porém suas médias não são iguais. Os tratamentos 2 e 4 apresentaram valores superiores para os dois parâmetros analisados em relação ao tratamento 1. Analisando os valores médios do INI ha^{-1} e do IAB pelo teste de Bonferroni ($p < 0,05$), não foram observadas diferenças significativas ao longo do tempo para os tratamentos 1 e 2 quando comparados separadamente. No caso do tratamento 4, o IAB médio também não apresentou diferença estatística ao longo do tempo. Entretanto, para o INI ha^{-1} desse mesmo tratamento, o terceiro ano foi significativamente superior ao primeiro ano após a implantação do experimento.

Tabela 14. Resultados da análise multivariada de perfis para Ingresso de número de indivíduos (INI ha⁻¹) e Ingresso de área basal (IAB - m² ha⁻¹) de indivíduos com DAP ≥ 5 cm na área em estudo – Reserva Natural Vale (RNV), Linhares – ES

Tratamentos	Resultado
Ingresso de número de indivíduos (INI ha⁻¹)	
1 e 2	Perfis paralelos; não coincidentes
1 e 3	Perfis não paralelos
1 e 4	Perfis paralelos; não coincidentes
2 e 3	Perfis não paralelos
2 e 4	Perfis paralelos; coincidentes; não horizontais
3 e 4	Perfis paralelos; coincidentes; não horizontais
Ingresso de área basal (IAB - m² ha⁻¹)	
1 e 2	Perfis paralelos; não coincidentes
1 e 3	Perfis não paralelos
1 e 4	Perfis paralelos; não coincidentes
2 e 3	Perfis não paralelos
2 e 4	Perfis paralelos; coincidentes; horizontais
3 e 4	Perfis paralelos; coincidentes; não horizontais

Tratamentos: (1) Controle; (2) Roçada manual e capina química, seletivas e periódicas; (3) Idem ao tratamento 2 juntamente com o plantio de espécies pioneiras da Mata Atlântica e semeio da leguminosa *Sesbania grandiflora* e, (4) Idem ao tratamento 2 além do plantio de 54 espécies da Mata Atlântica, em Mata Atlântica de Tabuleiros sob processo de restauração florestal, Linhares-ES.

O resultado para a análise dos perfis médios dos tratamentos 1 e 2 (Tabela 14) indicando que esses tratamentos são estatisticamente diferentes para o período de estudo (3 anos), mostra que os tratamentos silviculturais (roçada manual e capina química) implementados no tratamento 2 influenciaram de forma positiva no ingresso de novos indivíduos e na área basal.

Resultado semelhante foi obtido por Iannelli-Servín (2007) estudando o desenvolvimento de espécies florestais nativas em área de restauração florestal e sob diferentes condições de estresse, manejo usual e manejo máximo, avaliado aos 2,5 anos. O manejo silvicultural máximo, que propicia menor estresse ambiental, apresentou maiores valores de crescimento e sobrevivência que o manejo usual, com maior estresse ambiental.

Campoe (2008) observou que o fator manejo foi o mais influente sobre o crescimento das espécies em uma área para restauração de uma Floresta Mesófila Semidecidual. O manejo, em seu nível máximo propiciou à floresta em restauração maior crescimento, desde as idades iniciais, e consolidando-se aos 42 meses de estudo.

A matocompetição, notadamente com gramíneas C4 (*Brachiaria decumbens*), é um dos grandes problemas em restauração florestal, pois compete diretamente com as árvores pelos recursos de crescimento: água, nutrientes, e luz, além de possível efeito alelopático (TOLEDO et al., 2003). Rodrigues et al. (2010) estudando a recuperação de uma área pelo método de plantio de mudas, numa Floresta Estacional Semidecidual, verificaram que a elevada mortalidade dos indivíduos arbóreos ao longo do período analisado (5 e 18 meses) indica a necessidade de intervenções nos plantios realizado, pois a redução em número e espécies pode levar a um comprometimento da comunidade arbórea no longo prazo.

As espécies nativas têm alto potencial de crescimento (CAMPOE, 2008), estando em grande parte limitadas em seu crescimento por estresses ambientais que as práticas de manejo podem aliviar ou eliminar (IANNELLI-SERVIN, 2007).

Os pares de perfis dos tratamentos 1 e 3 e dos tratamentos 2 e 3 (Figuras 8 e 9) foram não paralelos, sendo estes pares de perfis estatisticamente diferentes tanto para o INI ha⁻¹ quanto para o IAB (Tabela 14). O melhor tratamento foi o 3, nas duas situações em questão, onde foram paltadas mudas de espécies pioneiras e uma leguminosa, associadas ao manejo da matocompetição. As espécies pioneiras apresentam, de maneira geral, rápido crescimento sendo inseridas nos inventários mais rapidamente. Esse fato pode ser verificado quando analisamos o teste de médias pelo método de Bonferroni ($p < 0,05$) ao longo do tempo para o tratamento 3, em que a média do INI ha⁻¹ e do IAB do terceiro ano após a implantação do experimento, foi significativamente superior quando comparada com as médias do primeiro e segundo anos. As médias do INI ha⁻¹ e do IAB para os tratamentos 1 e 2 foram estatisticamente iguais nos três anos estudados pelo método de Bonferroni a 5% de probabilidade.

Os perfis médios dos tratamentos 2 e 4 e dos tratamentos 3 e 4 (Figuras 8 e 9) foram, estatisticamente, paralelos e coincidentes. Isso indica que os perfis médios desses pares de tratamentos apresentaram o mesmo comportamento e médias iguais ao longo do tempo. No caso dos tratamentos 2 e 4, as médias do INI ha⁻¹ foram não horizontais, ou seja, diferiram estatisticamente ao longo dos três anos estudados. De acordo com o teste de

Bonferroni a 5% de probabilidade, o terceiro ano após a implantação do experimento apresentou maior INI ha⁻¹ que o primeiro ano para esses dois tratamentos. Já para o IAB, as médias foram horizontais e, portanto, não variam no tempo. Esse fato mostra que, para as condições de controle da matocompetição, usar a regeneração natural como metodologia para restaurar uma área ou plantar espécies arbóreas de diferentes grupos ecológicos, estatisticamente, terão resultados semelhantes. As médias dos tratamentos 3 e 4 foram não-horizontais e, segundo teste das médias dos pelo méto de Bonferroni a 5% de probabilidade, tanto o INI ha⁻¹ quanto o IAB foram significativamente superiores para o último ano de estudo em relação aos anos anteriores.

Para o período de estudo de 3 anos, o plantio de mudas de espécies arbóreas com diferentes grupos ecológicos ou a inserção somente de pioneiras arbóreas como metodologia para restauração florestal tiveram respostas iguais quanto ao ingresso de indivíduos e crescimento em área basal. A opção para escolha das metodologias aqui empregadas dependerá da disponibilidade de mudas de espécies arbóreas nativas. No entanto, o ideal seria escolher o tratamento 4 onde foram plantadas maior número de espécies, resultando no terceiro ano não só maior número de espécies para os indivíduos que estavam ingressando, mas também espécies com os quatro grupos ecológicos (Figura 7).

Campoe (2008) estudando a maior (67%) ou menor (50%) percentagem de pioneiras no plantio para restauração de uma Floresta Mesófila Semidecidual – São Paulo, também não encontrou diferença estatística para o fator composição com maior ou menor proporção de espécies pioneiras, ao longo de todo o período do experimento, apesar de Kageyama e Castro (1989), Benvenuti-Ferreira (2009) e Melotto et al. (2009) afirmarem que as espécies pioneiras possuem maiores taxas de crescimento que as não pioneiras.

Este resultado tem elevada importância ao considerar a maior longevidade das espécies não-pioneiras (secundárias tardias e climáticas) e sua importância na biodiversidade. Seria possível recomendar plantios com menor proporção de espécies pioneiras, que possuem ciclo de vida mais curto,

resultando em maior diversidade nas espécies mais longevas usadas na restauração (KAGEYAMA et al., 2003).

5. CONCLUSÃO

Para as condições deste estudo e o período de avaliação de três anos, podemos concluir que:

- a avaliação de atributos químicos do solo e serapilheira acumulada de maneira geral, não foram influenciados pelas metodologias de restauração florestal, o que pode ser atribuído ao pouco tempo de implantação dos tratamentos;
- o maior índice de área foliar (1,35) foi observado no tratamento 3, onde foram plantadas mudas de espécies pioneiras e uma leguminosa, indicando que essa metodologia pode ser uma alternativa para rápido sombreamento da área a ser restaurada;
- os tratamentos silviculturais para eliminação da matocompetição contribuíram para maior crescimento da vegetação arbórea;
- considerando o ingresso de número de indivíduos e área basal para indivíduos com DAP ≥ 5 cm, os tratamentos 3 e 4 apresentaram os maiores valores, sendo estatisticamente iguais.
- o tratamento 3 favoreceu o sombreamento da área, sendo útil na preparação do terreno para inserção de outras espécies.

Levando em consideração que o período de avaliação do experimento é curto (3 anos), estudos futuros devem ser realizados para averiguação do comportamento, ao longo do tempo, das metodologias de restauração florestal utilizadas nesse estudo. Atributos mais sensíveis a mudança de uso do solo como biomassa microbiana e o teor de nitrogênio, devem ser avaliados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. F. de; SORDI, S. J. de; GARCIA, R. J. F. Aspectos florísticos, históricos e ecológicos do componente arbóreo do parque da independência, São Paulo, SP. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.5, n.3, p.18-41, 2010.

ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling in Eucalyptus and Pinus forests in Southeastern Australia. In: **Anais** of Symposium on impact of intensive harvesting on forest nutrient cycling, New York, 1979.

AZEVEDO, C. P.; SOUZA, A. L.; JESUS, R. M. Um modelo de matriz de transição para prognose do crescimento de um povoamento natural remanescente não manejado de Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v. 19, n. 2, p. 187-199, 1995.

BARBOSA, J. H. C. **Dinâmica da serapilheira em estágios sucessionais da Floresta Atlântica (Reserva Biológica de Poço das Antas-RJ)**. 2000. 195 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2000.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. dos. S.; ARAÚJO, Q. R. de; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga**, Mossoró, v.19, n.4, p.415-425, 2006.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. In: SANTOS, G. de. A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. ver. e atual. – Porto Alegre: Metropole, 2008. p.7-18.

BEADLE, C. L. **Dynamics of leaf and canopy development**. In: NAMBIAR, E. K. S.; BROWN, A. (Ed.). Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests. Canberra: ACIAR; CSIRO; CIFOR, 1997. cap. 6, p. 169-212.

BENVENUTI-FERREIRA, G., COELHO, G. C., SCHIRMER, J.; LUCCHESI, O. A. Dendrometry and litterfall of neotropical pioneer and early secondary tree species. **Biota Neotrop**. v. 9, n. 1, 2009.

BERGAMASCHI, H. **Perda de água e desenvolvimento de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob diferentes condições da disponibilidade hídrica no solo e da atmosfera**. 1984. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estágios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n.1, p.61-72, 2003.

BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in the forests of the world. **Advances in Ecological Research**, New York, v. 2, p. 101-157, 1964.

BRÉDA, N. J. J. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 392, p. 2403-2417, 2003.

BRITZ, R. M.; REISSMANN, C. B.; SILVA, S. M.; SANTO FILHO, A. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de

Araucária, São Mateus do Sul, Paraná. **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, n. 3, p. 766-772, 1992.

BROWN, S.; LUGO, A. Rehabilitation of tropical lands: a key of sustaining development. **Restoration Ecology**, Oxford, v. 2, p. 97-111, 1994.

BRUN, E. J. **Biomassa e nutrientes na floresta Estacional Decidual, em Santa Tereza, RS.** 2004, 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 136p. 2004.

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

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; VIEIRA, M.; GONÇALVES, E. O.; GODINHO, T. O. **Ciclagem de nutrientes, via deposição e acúmulo de serapilheira, em ecossistemas florestais.** In: CHICHORRO, J. F.; GARCIA, G. O.; BAUER, M. O.; CALDEIRA, M. V. W. Tópicos em ciências florestais. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2010, cap. 2, p.57-82.

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

CAMPELLO, E. F. C. **A Influência de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na sucessão vegetal em áreas degradadas na Amazônia.** 1999. 121 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

CAMPOE, O. C. **Efeito de práticas silviculturais sobre a produtividade primária líquida de madeira, o índice de área foliar e a eficiência do uso da luz em plantios de restauração da Mata Atlântica.** 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba – SP, 2008.

CAMPOS, E. P.; DUARTE, T. G.; NERI, A. V.; SILVA, A. F.; MEIRA-NETO, J. A. A.; VALENTE, G. E. Composição florística de um trecho de Cerradão e Cerrado *sensu stricto* e sua relação com o solo na Floresta Nacional (FLONA) de Paraopeba, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 471-479, 2006.

CARPANEZZI, A. A. **Fundamentos para a reabilitação de ecossistemas florestais.** In: GALVÃO, A. P. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso. – Colombo: Embrapa florestas, 2005. p. 27-46.

CARREIRE, M. B. F. **Estimativas de biomassa, do índice de área foliar e aplicação do sensoriamento remoto no monitoramento no estudo da cobertura vegetal em áreas de florestas Ombrófila Aberta e Densa na Amazônia.** 2009. Tese (Doutorado) - INPA/UFAM – Manaus, 2009.

CARUZZO, A.; ROCHA, H. R. Estimativa do índice de área foliar (IAF) em regiões de pastagem e floresta com um método indireto (gap fraction) durante o experimento AMC/LBA. In: **Anais** do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Editora, Rio de Janeiro. p. 2478-2485, 2000.

CASTRO, C. C. de. **A importância da fauna em projetos de restauração.** In: MAZZUCHELLI, R. Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas. São Paulo: Fundação Cargill, 2007, p. 57-76.

CERQUEIRA, R.; BRANT, A.; NASCIMENTO, M. T.; PARDINI, R. **Fragmentação: alguns conceitos.** In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília, DF: MMA/SBF, 2003. p. 23-40.

CHADA, S. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 801-809, 2004.

CLEVELARIO JR, J. **Distribuição de carbono e de elementos minerais em um ecossistema florestal tropical úmido baixo-montano.** 1996. 135 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

COLONETTI, S.; CITADINI-ZANETTE, V.; MARTINS, R.; SANTOS, R. dos; ROCHA, E.; JARENKOW, J. A. Florística e estrutura fitossociológica em floresta ombrófila densa submontana na barragem do rio São Bento, Siderópolis, Estado de Santa Catarina. **Maringá**, v. 31, n. 4, p. 397-405, 2009.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. **Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes.** In: SANTOS, G. de. A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. ver. e atual. – Porto Alegre: Metropole, 2008. p.137-158.

COSTA, M. do. P.; NAPPO, M. E.; CAÇADOR, F. R. D.; BARROS, H. H. D. de. Avaliação do processo de reabilitação de um trecho de floresta ciliar na bacia do rio Itapemirim-ES. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 5, p. 835-851, 2010.

CRESTANA, M. S. M.; TOLEDO FILHO, D. V.; CAMPOS, J. B.; **Florestas – Sistemas de recuperação com essências nativas.** Campinas: CATI, 60 p., 1993.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within Amazonian Forest ecosystems. In. Nutrient flux in the fine litterfall and efficiency of nutrient utilization. **Oecologia**, v. 68, p. 466-472, 1986.

CUNHA, G. de. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; VELLOSO, A. C. X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da Mata Atlântica na região Norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1175-1185, 2009.

CUSTÓDIO FILHO, A.; FRANCO, G. A. D. C.; POGGIANI, F.; DIAS, A. C. Produção de serapilheira e o retorno de macronutrientes em floresta Pluvial Atlântica – Estação Biológica de Boracéia (São Paulo – Brasil). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 1-16, 1996.

- DAVI, H.; BARET, R.; DUFRÊNE, E. Effect of thinning on LAI variance in heterogeneous forests. **Forest Ecology and Management**, v. 256, p. 890–899, 2008.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Micronutrientes**. In: FERNANDES, M. S. (Ed). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedades Brasileiras de Ciência do Solo, 2006. p. 327-374.
- DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15, p. 3-11, 2000.
- DUARTE, T. G. **Florística, fitossociologia e relações solo-vegetação em Floresta Estacional Decidual em Barão Melgaço, Pantanal de Mato Grosso**. 144 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.
- DURIGAN, G. **Estrutura e diversidade de comunidades florestais**. In: MARTINS, S. V. Ecologia de florestas tropicais do Brasil. Viçosa – MG, Editora UFV, 2009, p. 185-215.
- EDWARDS, C., READ, J.; SANSON, G. Characterising sclerophylly: some mechanical properties of leaves from heath and forest. **Oecologia**, v. 123, p. 158-167. 2000.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro; EMBRAPA-CNPS. 212 p. 1997.
- ENGEL, V. L. **Estudo fenológico de espécies arbóreas de uma floresta tropical em Linhares, ES**. 2001, 137 p. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, 2001.
- ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. **Definindo restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais**. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVERA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; ANDARA, F. B. (Ed.) Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2003. cap. 1, p. 3-26.
- ESTADOS UNIDOS. **Department of Energy. Sequestration of carbon: State of the science**. Washington, D. C., 1999. Não Paginado.
- FANG, W.; PENG, S. L. Development of species diversity in the restoration process of establishing a tropical manmade forest ecosystem in China. **Forest Ecology and Management**, v. 99, p. 185-196. 1997.
- FÁVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. de. S. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no vale do rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 5, p. 861-868, 2008.
- FELDPAUSCH, T. R.; RIHA, S. J.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E. V. Development of Forest Structure and Leaf Area in Secondary Forests Regenerating on Abandoned Pastures in Central Amazônia. **Earth Interactions**, v. 9, n. 6, 2005.
- FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do rio grande, na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 1, p. 177-185, 2007.

- FIALHO, J. F.; BORGES, A. C.; BARROS, N. F. Cobertura vegetal e características químicas e físicas e atividade da microbiota de um solo vermelho-amarelo distrófico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 21-28, 1991.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. de. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta Ombrófila Mista localizada no sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, 2003.
- FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R. da.; FARIA, S. M. de. **Revegetação de solos degradados**. Seropédica: Embrapa. CNPBS, 1992. 8 p. (Embrapa . CNPBS. Comunicado Técnico, 9).
- FRANCO, A. A.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M.; 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 Brasiliensis, v. 1, p. 459-467, 1995.
- FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biochemistry**, v. 29, p. 897-983, 1997.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Dossiê Mata Atlântica**. São Paulo, 1992. 119 p.
- GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. de. G. **Status do hotspot Mata Atlântica: uma síntese**. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. de. G. Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas. Fundação SOS Mata Atlântica – Belo Horizonte, Conservação Internacional, 2005.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; MENDONÇA, E. S. Alterações edáficas sob plantios puros e mistos de espécies florestais nativas do Sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 581-592, 1999.
- GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; PAULINO, G. P.; FRANCO, A. A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no Norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1521-1530, 2008.
- GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, n.4, 753-767, 1995.
- GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Metodologias de restauração florestal**. In: MAZZUCHELLI, R. Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas. São Paulo: Fundação Cargill, 2007, p. 109-144.
- GIULIETTI, A. M.; FORERO, H. Diversidade taxonômica e padrões de distribuição das angiospermas brasileiras. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 4, p. 3-9, 1990.
- 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.; GANDARA, F. B. (eds.) **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. 340p.
- GONÇALVES, M. A. M. **Avaliação da serapilheira em fragmento de floresta Atlântica no Sul do estado do Espírito Santo**. 2008. 85p. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2008.
- GOWER, S. T.; KUCHARIK, C. J.; NORMAN, J. M. Direct and indirect estimation of leaf area index, fAPAR and net primary production of terrestrial ecosystems. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 70, p. 29-51, 1999.
- HAYASHI, S. N. **Dinâmica da serapilheira em uma cronosequência de florestas no município de capitão Poço - PA**. 2006, 61p. Dissertação (Mestrado em Botânica Tropical) - Universidade Rural da Amazônia, Belém, 2006.
- HEDMAN, C. W.; BINKLEY, D. Canopy profiles of some Piedmont hardwood forests. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 18, p. 1090-1093, 1988.
- HUGGES, R. F.; KAUFFMAN, J. B.; JARAMILLO, V. J. Biomass, carbon and nutrient dynamic of secondary forests in a humid tropical region of Mexico. **Ecology**, Ithaca, v. 80, n. 6, p. 1892-1907, 1992.
- IANNELLI-SERVÍN, C. M. **Caracterização ecofisiológica de espécies nativas da Mata Atlântica sob dois níveis de estresse induzidos pelo manejo florestal em área de restauração florestal no Estado de São Paulo**. 2007. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.
- JACOMINE, P. K. T. **Fragipans em solos de “tabuleiros”:** características, gênese e implicações no uso agrícola. 1974. 113p. Tese (Livre Docência) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1974.
- JESUS, R. M. de; ROLIM, S. G. **Fitossociologia da Mata Atlântica de Tabuleiro**. Viçosa: SIF, Boletim técnico SIF, n.19, 2005.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate statistical Analysis**. 4 ed., Ed. PRENTICE HALL - Ney Jersey, 1998.
- JONES JÚNIOR, J. B. Distribution of 15 elements in corn leaves. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 1, n.1, p. 27-34, 1970.
- JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems**. New York: John Wiley, 1985.
- KAGEYAMA, P. Y. e GANDARA, F. B. **Recuperação de áreas ciliares**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: USP/Fapesp, 2000. p. 249-269.
- KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. **Sucessão secundária, estrutura genética e plantações florestais de espécies arbóreas nativas**. IPEF, Piracicaba, n. 41/42, p. 83-93, 1989.

- KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. **Resultados do programa de restauração com espécies arbóreas nativas do convênio ESALQ/ USP e CESP.** In: GALVÃO, A. P. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. *Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso.* – Colombo: Embrapa florestas, 2005. p. 47-58.
- KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E. **Biodiversidade e restauração da floresta tropical.** In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVERA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Ed.). *Restauração ecológica de ecossistemas naturais.* Botucatu: FEPAF, 2003. cap. 2, p. 29-48.
- KOEHLER, W. C. **Variação estacional de deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa – PR.** 138p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.
- KÖPPEN, W. P. **Climatologia.** Fundo de Cultura Economica, México, 1948.
- LANG, A. R. G.; McMURTRIE, R. E. Total leaf areas of single trees of *Eucalyptus grandis* estimated from transmittances of the sun's beam. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 58, p. 79-92, 1992.
- LI-COR. **LAI-2000 Plant canopy analyser: instruction manual.** Ed I LI-COR, Lincoln, Nebraska. 1992.
- LIMA, M. S. de; DAMASCENO-JÚNIOR, G. A.; TANAKA, M. O. Aspectos estruturais da comunidade arbórea em remanescentes de floresta estacional decidual, em Corumbá, MS, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 3, p. 437-453, 2010.
- LUCHIARI JUNIOR, A. **Determinação do coeficiente de cultura (Kc) para feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) pelo método do balanço hídrico.** 1978. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1978.
- LUGO, A. E. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures. **Forest Ecology and Management**, v. 99, p. 9-19, 1997.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MANTOVANI, W. **A degradação dos biomas brasileiros.** In: RIBEIRO, W. C. (Ed.). *Patrimônio ambiental brasileiro.* São Paulo: EDUSP, 2003. p. 367-439.
- MARIN, A. M. P. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo.** 2002. 83f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2 ed. San Diego: Academic, 1997.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares.** 2 ed. rev. e ampl., Viçosa-MG: CPT, 2007. 255p.
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; CALEGARI, L. **Sucessão Ecológica: Fundamentos e aplicações na restauração de**

ecossistemas florestais. In: MARTINS, S. V. Ecologia de florestas tropicais do Brasil. Viçosa – MG, Editora UFV, 2009, p. 19-51.

MASON, C. F. **Decomposição.** São Paulo: EPU, 1980. 63p.

MEGURO, M. **Métodos em ecologia vegetal.** Universidade de São Paulo - Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia Geral, 1994. 118p.

MEGURO, M.; VINUEZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. **Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. I – Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto.** Boletim de Botânica, São Paulo, v. 7, p. 11-31, 1979.

MELO, A. C. G. de; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, n. 71, p. 149-154, 2006.

MELOTTO, A.; NICODEMO, M. L.; BOCCHESI, R. A.; LAURA, V. A.; GONTIJO NETO, M. M.; SCHLEDER, D. D.; POTT, A.; SILVA, V. P. da. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil Central indicadas para sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 3, p. 425-432, 2009.

MENDONÇA, E. S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 19, n. 1, p. 25-30, 1995.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. **Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo.** In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. H. Tópicos em ciência do solo, eds. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3. p. 209-248.

MILLER, H. G. **Dynamics of nutrient cycling in plantation ecosystems.** In: BOWEN, G. D.; NAMBIAR, E. K. S. Nutrition of plantation forests. London, 1984. p. 53-78.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELLO, W. J. **Análises químicas de tecido vegetal.** In: SILVA, F. C. (Ed). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Solos, 1999. p. 171-223.

MORAES, L. F. D. de; CAMPELLO, E. F. de. C.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 2, 2008.

MORAN, E. **Interações homem-ambiente em ecossistemas florestais: uma introdução.** In: MORAN, E. F.; OSTROM, E. Ecossistemas florestais: interação homem-ambiente. São Paulo: Editora SENAC São Paulo: Edusp, 2009. p.19-40.

MORENO, M. I. C.; SCHIAVINI, I. Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 537- 544, dez. 2001. Suplemento.

- MORENO, M.R., NASCIMENTO, M. T.; KURTZ, B. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais diferentes em Mata Atlântica de encosta na região do Imbé, RJ: primeira aproximação. In **Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros**. (S. Watanabe, coord.), ACIESP, v. II, p. 64-70. 1998.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Willey & Sons, 1974. 547p.
- MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; RADIN, B.; FRANÇA, S.; SILVA, M. I. G. Estimativa do Índice de Área Foliar do Milho a partir da Soma de Graus-dia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n. 1, p. 65-71, 2005.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. da; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NAMBIAR, S. E. K. Interplay between nutrients, water, root growth and productivity in young plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 30, p. 213-232, 1990.
- NILSSON, L. O.; HUTTL R. F.; JOHANSSON, U. T.; JOCHHEIM, H. Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems – present status and future research directions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 168/169, n. 1, p. 5-13, 1995.
- NORMAN, J. M.; CAMPBELL, G. S. **Canopy structure**. In: PEARCY, R. W.; EHLERINGER, J., MOONEY, H. A., RUNDEL, P. W. (Eds). *Plant physiological ecology: field methods and instrumentation*. London: Chapman and Hall, 1989. p. 301-326.
- O'CONNELL, A. M.; SANKARAN, K. V. **Organic matter accretion, decomposition and mineralisation**. In: NAMBIAR, E. K. S., BROWN, A. G. (Ed.) *Management of soil, nutrients and water in tropical plantations forests*. Canberra: ACIAR Australia/CSIRO, 1997. p. 443-480. (Monograph; n. 43).
- OLDEMAN, L. R.; LYNDEN, G. W. J. **Revisiting the GLASOD methodology**. In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWAR, T. B. A., eds. *Methods of assessment of soil degradation*. New York, CRC Press, 1998. p. 423-440.
- OLIVEIRA, F. A.; SILVA, J. J. S. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 317-322, 1990.
- OLIVEIRA-FILHO A. T.; FONTES, M. A. L. The Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**. Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate, Washington, v. 32, suppl. 4 b, p. 793-810, 2000.
- OLSZEWSKI, N.; COSTA, L. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; RUIZ, H. A.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. Morfologia de agregados do solo avaliada por meio de análise de imagens. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 901-909, 2004.
- PAIVA, Y. G. **Estimativa do índice de área foliar por métodos óticos e sensoriamento remoto para calibrar modelo ecofisiológico em plantios de**

- eucalipto em áreas de relevo ondulado.** 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2009.
- PARROTTA, J. A. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 41, p. 115-133, 1992.
- PARROTTA, J. A.; TURNBULL, J. W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v. 99, p. 1-7, 1997.
- PINTO, S. I. do. C.; MARTINS, S. V.; SILVA, A. G. da; BARROS, N. F. de; DIAS, H. C. T.; SCOSS, L. M. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo de dois estádios sucessionais de floresta Estacional Semidecidual na Reserva Florestal Mata do Paraíso, Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 5, p. 823-833, 2007.
- PIOLLI, A. L.; CELESTINI, R. M.; MAGON, R. **Teoria e prática em recuperação de áreas degradadas: plantando a semente de um mundo melhor.** Secretaria do Meio Ambiente – Governo do Estado de São Paulo; Serra Negra – SP, 2004.
- POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. **Ciclagem de nutrientes em florestas nativas.** In: GONÇALVES, J. L. de. M.; BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000, p. 287 – 308.
- PREZZOTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo. 5ª Aproximação.** Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.
- RADAM BRASIL. **Levantamento dos recursos naturais – folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória.** Rio de Janeiro: Mistério das Minas e Energia, v. 32, 780 p., 1987.
- REINERT, D. J. **Recuperação de solos em sistemas agropastoris.** In: DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J., eds. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.163-176.
- REIS, A.; ZAMBONIN, R. M. e NAKAZONO, E. M. **Recuperação de áreas degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal.** São Paulo: Cetesb, 1999.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil.** 2 ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições. 1997. 747 p.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil.** v.2. Aspectos ecológicos. Hucitec / Edusp, São Paulo. 1979.
- RODRIGUES, E. R.; MONTEIRO, R.; CULLEN JUNIOR, L. Dinâmica inicial da composição florística de uma área restaurada na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 5, p. 853-861, 2010.
- RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal.** São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009.

- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP, FAPESP, 2004. p. 235-247.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. **Adequação ambiental de propriedades rurais e recuperação de áreas degradadas**. Piracicaba: ESALQ, 2002. (Apostila de curso).
- RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP; FAPESP, 2000. 320 p.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. **Restorations actions**. In: RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; GANDOLFI, S. (Eds.) *High diversity forest restoration in degraded áreas: Methods and projects in Brazil*. New York: Nova Science Publishers. p. 77-102, 2007.
- ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z. do; JESUS, R. M. de. Mortalidade e recrutamento de árvores na Floresta Atlântica em Linhares (ES). **Scientia Forestalis**. n. 55, p. 49-69, 1999.
- SÁ, R. C. de; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A. Características físicas e químicas de solos de tabuleiros em Sooretama (ES). **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 95 - 99, 2003.
- SANQUETA, C. R.; BALBINOT, R. **Metodologias para determinação de biomassa florestal**. In: SANQUETA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B. (Eds.). *Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas*. Curitiba: UFPR/Ecoplan, 2004. p. 77-93.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. il. Inclui apêndices.
- SILVA JUNIOR, M. C.; SACRANO, F. R.; SOUZA CARDEL, F. Regeneration of an Atlantic Forest formation in the undertory of a *Eucllyptus grandis* plantation in southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, p. 147-152, 1995.
- SILVA, A. F. da; OLIVEIRA, R. V. de; SANTOS, N. R. L.; PAULA, A. de. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta Semidecídua Submontana da fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 311-319, 2003.
- SILVA, C. A.; MACHADO, P. L. O. A. **Seqüestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: Estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 23 p.
- SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C.; GURIES, R. P.; RUSCHEL, A. R.; REIS, M. S. dos. Secondary Forest Succession in the Mata Atlantica, Brazil: Floristic and Phytosociological Trends. **International Scholarly Research Network: ISRN Ecology**. v. 2011, Article ID 759893, 19 p. 2011.
- SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C.; CURI, N.; ROSADO, S. C. S.; DAVIDE, A. C.. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native

woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 107, p. 241-252, 1998.

SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C. R. F. S.; SILVA, C. A. **Matéria orgânica em solos de áreas degradadas**. In: SANTOS, G. de. A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. ver. e atual. – Porto Alegre: Metropole, 2008. p. 495-524.

SIQUEIRA, L. P. de; MESQUITA, C. A. B. **Meu pé de Mata Atlântica: experiências de recomposição florestal em propriedades particulares no Corredor Central**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2007. 188p.

SOUZA, A. L. de; SCHETTINO, S; JESUS, R. M. de; VALE, A. B. do. Dinâmica da composição florística de uma floresta ombrófila densa secundária, após corte de cipós, Reserva Natural da Companhia Vale do Rio Doce S. A., estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 5, p. 549-558, 2002.

SOUZA, L. C. de; MARQUES, R. Fluxo de nutrientes em floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no litoral do Paraná. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 1, p. 125-136, 2010.

STEVENSON, F. J. (ed.). **Nitrogen in agricultural soils**. Madison, American Society of Agronomy. 1986. 940p.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. L. M. Evolução da planície costeira do Rio Doce (ES) durante o quaternário: influência das flutuações do nível do mar. In: **Anais** do Simpósio Quaternário no Brasil, Anais 4, Rio de Janeiro. São Paulo: ACIESP, 1982.

SWAINE, M. D.; WHITIMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v. 8, 1988.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2 ed., Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5).

TOLEDO, P. E. N.; MATTOS, Z. P. B. **Aspectos econômicos da questão de restauração de áreas degradadas**. In: KAGEYAMA, P. Y.; KAGEYAMA, P. Y.; OLIVERA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Ed.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2003. Cap. 9, p. 205-238.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. 6 ed., São Paulo: Ed. Andrei, 2007.

URBAN, J.; TATARINOV, F.; NADEZHINA, N.; CERMÁK, J.; CEULEMANS, E. Crown structure and leaf area of the understorey species *Prunus serotina*. **Trees**, v. 23, p.391–399, 2009.

VARCARCEL, R.; SILVA, Z. de. S. A eficiência conservacionista de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Floresta**, v. 27(1/2), p. 101-114, 1997.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Manuais técnicos em geociências, número 1. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

- VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, p. 793-800, 2004.
- VITOUSEK, P.M.; SANFORD, R.L. Nutrient Cycling in Moist Tropical Forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.17, p.137-167, 1986.
- VOGEL, H. L. M.; SHUMACHER, M. V.; Quantificação dos nutrientes na serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em São Gabriel-RS, Brasil. In; FERTBIO. **Anais...** Guarapari, ES, 2010.
- WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf área between species and varieties, and with and between years. **Annals of Botany**, v. 11, p. 41-76, 1947.
- WATSON, D. J.; THORNE, G. A.; FRENCH, S. A. W. Physiological causes of differences in grain yield between varieties of barley. **Annals of Botany**, v. 22, p. 321-352. 1958.
- WEDDERBURN, M. E.; CARTER, J. Litter decomposition by four functional tree types for use in silvopastoral systems. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 31, n. 1, p. 455-461, 1999.
- WHITIMORE, T. C. Canopy gaps and the two major groups of forests trees. **Ecology**, v. 70, n. 3, 1989.
- XAVIER, A. C.; VETTORAZZI, C. A. Índice de Área Foliar de Coberturas em uma Microbacia Hidrográfica Subtropical. **Scientia Agrícola**, v. 60, n. 3, p. 425-431, 2003.
- ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p.842-852, 2004.