



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

HUEZER VIGANÔ SPERANDIO

***Tephrosia candida* D.C. e *Mimosa velloziana* Mart:
BIOMASSA, SERAPILHEIRA E FERTILIDADE DO SOLO**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
FEVEREIRO - 2013

HUEZER VIGANÔ SPERANDIO

***Tephrosia candida* D.C. e *Mimosa velloziana* Mart:
BIOMASSA, SERAPILHEIRA E FERTILIDADE DO SOLO**

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 Marcos Vinicius Winckler Caldeira
Coorientador: Prof. Dr Diego Lang Burak

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

FEVEREIRO - 2013

***Tephrosia candida* D.C. e *Mimosa velloziana* Mart: BIOMASSA,
SERAPILHEIRA E FERTILIDADE DO SOLO**

Huezer Viganô Sperandio

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.

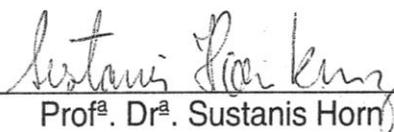
Aprovada em 25 de Fevereiro de 2013.



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



Prof. Dr. Diego Lang Burak
UFES
Membro Externo



Prof.ª Dr.ª Sustanis Horn Kunz
UFES
Membro Interno



Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira
UFES
Orientador

***A mim.
Aos meus pais, Jacir e Ana.
Às mãos calejadas que trabalham a terra.
A todos os que trabalham para um futuro melhor.***



Estudar ciclagem de nutrientes é estudar o ciclo da vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, princípio e fim, autor da vida e da história; e a Maria Santíssima, *Auxilium Christianorum*.

A Universidade Federal do Espírito Santo, em especial ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, pela oportunidade de desenvolvimento profissional e intelectual, através do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela bolsa de mestrado.

Ao Prof. Marcos Vinicius, orientador e amigo, pela compreensão, paciência e disponibilidade, pelas conversas e instruções. Pelos “puxões de orelha”, ligações nos finais de semana, pelos “cafés” e caronas... Publicar, publicar e publicar!

Ao Prof. Diego, pela coorientação e todo o conhecimento, auxílio e sugestões.

Aos professores responsáveis e aos técnicos dos Laboratórios de Recursos Hídricos e Física do Solo do CCA-UFES, pela colaboração e assistência nas análises. Especial ao Alexandro e Luiz.

A Vale S.A., na equipe da Reserva Natural Vale, pela concessão da área de trabalho, auxílio financeiro ao projeto e apoio para a execução dos trabalhos em campo. Especial ao Gilberto Terra.

Aos professores do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) e do Departamento de Produção Vegetal, especialmente os quais cursei disciplina neste período, obrigado pelo conhecimento transmitido. Aos funcionários do DCFM, pela amizade e atenção. Especial à Elizangela.

À vigorosa e batalhadora equipe de campo: Fernando, Werike e Lucas. Obrigado pela coragem de enfrentar juntos este desafio.

Ao companheiro de análises laboratoriais: Lucas. Foram muitos dias, noites e até madrugadas de análises. Você é fera!

Ao Prof. Adair Regazzi, pelo auxílio na definição das análises estatísticas.

A banca examinadora: Sustanis e Otacílio, pela colaboração e sugestões.

Aos amigos: Dani, Dyeime, Lucas, Custelinha, Alice, Fernando, Monge, Brunis, Erica, Delon, Flavinho, Maiara, Daniela, Rômulo e Pompeu, pelas

conversas, festas e almoços, pela força e vivência! Nas palavras de Sta Teresa d' Ávila, digo a vocês: “A amizade é a mais verdadeira realização da pessoa”.

A República Dus Mulambus (Alegre – ES): Fernando, Monge, Romualdo, Felipe e Renzo. A convivência gera mais que amizade, nos proporciona crescimento e maturidade.

Aos meus colegas de pós-graduação e graduação; e aos meus amigos da família EJC – Alegre e do SAV – Cachoeiro de Itapemirim, sem citar nomes. Todos foram importantes nesta caminhada.

A minha família. Aos meus queridos e estimados, Jacir e Ana, base de vivência; aos avós, irmãos, sobrinhos, cunhadas, tios e primos. Mesmo na distância, vocês foram peças fundamentais.

Enfim, todos os que de alguma forma passaram pela minha vida neste período, que mesmo indiretamente acabaram me ajudando neste trabalho.

Meu muito obrigado!

BIOGRAFIA

HUEZER VIGANÔ SPERANDIO, filho de Jacir Damiano Sperandio e Ana Auxiliadora Viganô, nasceu dia 01 de dezembro de 1987, em Itarana, Espírito Santo, Brasil.

Cursou o ensino fundamental na EMEIEF “Paulino Rocon”, em Alto Caldeirão, Santa Teresa, ES, e o ensino médio na EEEFM “Professora Aleyde Cosme”, em Itarana, ES.

Em 2006, ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo, campus Alegre, ES, graduando-se bacharel em Engenharia Florestal, no dia 18 de fevereiro de 2011.

Em março de 2011, iniciou o curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, submetendo a dissertação à defesa no dia 25 de fevereiro de 2013.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização física do solo nas áreas em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas - tefrósia e mimosa), nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30 cm, em Linhares, ES.....	17
Tabela 2: Compartimentalização da biomassa acima do solo das leguminosas em estudo	23
Tabela 3: Teores médios dos macronutrientes em cada compartimento da biomassa acima do solo das leguminosas (tefrósia e mimosa)	25
Tabela 4: Teores médios dos micronutrientes alocadas em cada compartimento da biomassa acima do solo das leguminosas (tefrósia e mimosa) .	27
Tabela 5: Conteúdo dos macronutrientes em cada compartimento da biomassa acima do solo das leguminosas (tefrósia e mimosa).....	28
Tabela 6: Conteúdo dos micronutrientes em cada compartimento da biomassa acima do solo das leguminosas (tefrósia e mimosa).....	29
Tabela 7: Biomassa de serapilheira acumulada sobre o solo nas diferentes coberturas vegetais em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa).....	30
Tabela 8: Teores médios dos macronutrientes na serapilheira acumulada nas diferentes coberturas vegetais em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa).....	32
Tabela 9: Teores médios dos micronutrientes na serapilheira acumulada nas diferentes coberturas vegetais em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa).....	34
Tabela 10: Conteúdo dos macronutrientes na serapilheira acumulada as diferentes coberturas vegetais em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa).....	35
Tabela 11: Conteúdo dos micronutrientes na serapilheira acumulada nas diferentes coberturas vegetais em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa).....	36
Tabela 12: Valores médios dos atributos químicos do solo, nas profundidades de 0 – 5 cm, 5 – 15 cm e 15 – 30 cm, nas áreas em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa)	38
Tabela 13: Teores médios dos micronutrientes do solo, nas profundidades de 0 – 5 cm, 5 – 15 cm e 15 – 30 cm, nas áreas em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa)	42

Tabela 14: Estoque de nutriente no solo (camada de 0 - 30 cm) e na vegetação (biomassa acima do solo e serapilheira), e balanço nutricional nas leguminosas	43
Tabela 15: Análise química do perfil do Argissolo Amarelo em Linhares, Espírito Santo.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da sede da Reserva Natural Vale no Estado do Espírito Santo.....	12
Figura 2: Gráfico termopluiométrico da região de Linhares, ES, com a média mensal de 35 anos de dados (1977 - 2012).....	13
Figura 3: Delimitação das áreas em estudo (<i>Mimosa velloziana</i> , <i>Tephrosia candida</i> e Floresta Atlântica), locados no interior da Reserva Natural Vale, em Linhares, Espírito Santo.....	14
Figura 4: Vista parcial do interior da Floresta Atlântica de Tabuleiros, em Linhares, ES.	14
Figura 5: Vista parcial da área com <i>Mimosa velloziana</i> em Linhares, ES.....	15
Figura 6: Vista parcial da área com <i>Tephrosia candida</i> em Linhares, ES.....	16
Figura 7: Compartimentalização da biomassa acima do solo da <i>Tephrosia candida</i> , em folhas, galhos secos, galhos com diâmetro inferior e superior a 2 cm, em Linhares, ES.....	18
Figura 8: Compartimentalização da biomassa acima do solo da <i>Mimosa velloziana</i> , em folhas, ramos e ramos secos, com o auxílio de um gabarito, em Linhares, ES.	19
Figura 9: Perfil do Argissolo Amarelo na área em estudo (Floresta de Tabuleiros), no município de Linhares, ES.	59

SUMÁRIO

RESUMO	XII
ABSTRACT	XIII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO GERAL	3
1.1.1 Objetivos específicos	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 LEGUMINOSAS E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS... 4	4
2.2 CICLAGEM DE NUTRIENTES E A SERAPILHEIRA ACUMULADA. 7	7
2.3 QUALIDADE DO SOLO..... 8	8
3 MATERIAL E MÉTODOS..... 12	12
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA..... 12	12
3.2 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO 16	16
3.3 ANÁLISES VEGETAIS..... 17	17
3.3.1 Biomassa acima do solo..... 18	18
3.3.2 Serapilheira acumulada 20	20
3.3.3 Análise nutricional..... 20	20
3.4 BALANÇO NUTRICIONAL..... 21	21
3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS 21	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 23	23
4.1 BIOMASSA ACIMA DO SOLO 23	23
4.1.1 Biomassa..... 23	23
4.1.2 Nutrientes..... 24	24
4.2 SERAPILHEIRA ACUMULADA..... 30	30
4.2.1 Biomassa..... 30	30
4.2.2 Nutrientes..... 32	32
4.3 NUTRIENTES NO SOLO 37	37
4.4 BALANÇO DE NUTRIENTES NAS LEGUMINOSAS..... 43	43
5 CONCLUSÕES 45	45
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 46	46
7 APÊNDICE..... 59	59
7.1 PERFIL DO SOLO: ANÁLISE MORFOLÓGICA E QUÍMICA..... 59	59

RESUMO

SPERANDIO, Huezer Viganô. *Tephrosia candida* D.C. e *Mimosa velloziana* Mart: Biomassa, Serapilheira e Fertilidade do Solo. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Coorientador: Prof. Dr. Diego Lang Burak

Recuperar uma área consiste em torna-lá novamente produtiva, seja para fins de conservação ou produção. É necessário assim, gerar conhecimento sobre técnicas para realizar tal procedimento. Dentre elas a revegetação do local a partir de espécies com potenciais de inserção de matéria orgânica e eficientes na ciclagem de nutrientes, torna-se promissor no caso das leguminosas. É indispensável o conhecimento de tais características desejáveis nas espécies. Diante disso, este estudo teve por objetivo estudar parte da ciclagem de nutrientes (biomassa e serapilheira) em duas espécies de leguminosas (*Tephrosia candida* e *Mimosa velloziana*) e na Floresta de Tabuleiros, e caracterizar quimicamente o solo. As leguminosas e a Floresta de Tabuleiro estão estabelecidas sob Argissolo Amarelo Distrocoeso em Linhares, ES. A biomassa acima do solo das leguminosas foi compartimentalizada em: folhas, ramos e ramos secos para Mimosa; e folhas, galhos com diâmetro superior e inferior a 2 cm, e galhos secos, para a Tefrósia, sendo quantificada a biomassa e os nutrientes. Avaliou-se ainda a serapilheira acumulada nas leguminosas e na Floresta de Tabuleiros e seus nutrientes, na estação chuvosa e seca; e a qualidade química do solo nas profundidades de 0 – 5, 5 – 15 e 15 – 30 cm. Verificou-se que a Tefrósia apresentou a maior produção de biomassa acima do solo, sendo compartimentalizado nas folhas, os maiores teores de nutrientes. A biomassa da serapilheira acumulada não foi influenciada pelas estações de seca e chuva, sendo encontrado maior valor na área com Mimosa. O nitrogênio foi o nutriente com maior teor na serapilheira, seguido por cálcio > magnésio > potássio > fósforo > manganês > boro > zinco > cobre. A Floresta de Tabuleiros apresentou o solo com menor teor de nutrientes, sendo os maiores teores de nutrientes encontrados na camada superficial. Os sítios onde estão estabelecidas as leguminosas apresentaram semelhança quanto à fertilidade do solo. Não foi verificada a superioridade de uma espécie de leguminosa, apresentando em ambas as espécies, potencial para inserção em projetos de recuperação, de acordo com seus processos de ciclagem de nutrientes.

Palavras-chave: Floresta de Tabuleiros, Sustentabilidade Florestal, Recuperação de áreas degradadas, Leguminosas.

ABSTRACT

SPERANDIO, Huezer Viganô. ***Tephrosia candida* D.C. and *Mimosa velloziana* Mart: biomass, litter and soil fertility**. 2013. Dissertation (Master's degree on Forest Science) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Adviser: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Co-adviser: Prof. Dr. Diego Lang Burak.

Recovering an area is to make it productive again, either for conservation or production. It is necessary to generate knowledge about techniques to perform this procedure. Among them the revegetation site from species with potential insertion of organic matter and efficient nutrient cycling, becomes promising in the case of legumes. It is essential to the understanding of such desirable traits in species. Therefore, this study aimed to study nutrient cycling in two legume species (*Tephrosia candida* and *Mimosa velloziana*) and Tableland Atlantic Forest, and characterize soil fertility. The vegetation cover is established under Yellow Red Oxisol in Linhares, ES. The aboveground biomass of legumes was compartmentalized into: leaves, branches and dried branches for *Mimosa*, and leaves, and branches with a diameter greater and less than 2 cm, and dry branches, for *Tephrosia*, being quantified biomass and nutrients. It was also evaluated the litter accumulated in legumes and Tableland Atlantic Forest and its nutrients, in the rainy season and drought and soil fertility in the depths 0-5, 5-15 and 15 - 30 cm. It was found that the *Tephrosia* showed the highest production of biomass above ground, the leaves being compartmentalized the highest levels of nutrients. Litter biomass accumulated was not influenced by the dry and rainy seasons, being found more value in the area with *Mimosa*. Nitrogen is the nutrient with the highest content in the litter, followed by calcium > magnesium > potassium > phosphorus > manganese > boron > zinc > cuprum. The Tableland Atlantic Forest presented the soil with lower nutrient levels, with the highest levels found in the surface layer. The sites which are established legumes presented similarities regarding soil fertility. Not verified superiority of a legume species thus presenting in both species, potential for inclusion in restoration projects, according to their processes of nutrient cycling.

Keywords: Tableland Atlantic Forest, forest sustainability, restoration of degraded areas, legumes

1 INTRODUÇÃO

“Transportai um punhado de terra todos os dias
e farás uma montanha”.

Confúcio

A expansão da fronteira agropecuária, ainda baseada no binômio produção-área, as atividades minerais extrativistas e os espaços mal manejados pelo homem, requerem grandes extensões de terra advindas, em algum momento, de processos de desmatamento das florestas naturais existentes, levando muitas vezes, à degradação ambiental da área.

A supressão parcial de florestas, aliada à ausência de práticas conservacionistas na agropecuária, trazem consequências diretas para a biodiversidade regional, causando efeitos como a redução do fluxo gênico e extinção de espécies da fauna e flora; e de forma indireta, modificando fatores abióticos regionais (MARTINS, 2001; KAGEYAMA, GANDARA, 2003).

A crescente onda de preocupação ambiental em todo o planeta, com especial enfoque na necessidade de recuperação e/ou restauração das áreas degradadas é uma das grandes problemáticas do século XXI, por estar intimamente ligada à perda de quantidade e qualidade dos corpos hídricos, ocorrência de erosão e desertificação.

Atualmente, na recuperação de áreas degradadas, a escassez de informações ainda dificulta a sua efetiva implantação, sendo fatores limitantes a ausência de plantas com material genético adaptado à colonização inicial de solos degradados e de padrões silviculturais de interesse para sua recuperação, além disso, verifica-se ainda, a falta de conhecimento quanto à interação das diferentes espécies potenciais com diferentes tipos de solo e materiais e sua ciclagem de nutrientes.

As metodologias para recuperação das áreas degradadas devem priorizar as espécies que possuam rápido crescimento e que possibilitem melhorias na qualidade do solo, especialmente pelo material orgânico inserido no sistema e pela ciclagem de nutrientes, promovendo um processo de

adequação ambiental para os processos de sucessão, seja florestal ou para posterior produção agrícola. Neste cenário, as leguminosas se destacam como espécies potenciais para inserção em ambientes com pouca ou nenhuma resiliência, por possuírem alta deposição de serapilheira e principalmente pela fixação biológica de nitrogênio (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002; CARAVACA et al., 2003; FRANCO; RESENDE; CAMPELO, 2003; LONGO; RIBEIRO; MELO, 2011; NOGUEIRA et al, 2012).

Segundo Longo, Espindola e Ribeiro (1999) ao se considerar a atenuação devido às modificações antrópicas no meio, deve-se observar a estreita relação entre o solo e a vegetação. Além disso, deve-se utilizar-se de indicadores de qualidade, seja do solo ou da própria vegetação, a fim de se avaliar os mecanismos formados a partir da implantação desses sistemas de recuperação

A comparação entre áreas em processo de recuperação ou com espécies potenciais para utilização, com florestas nativas, quanto à produção, acúmulo e decomposição de serapilheira, além da qualidade do solo, é uma importante ferramenta para avaliação do sucesso de determinado projeto de recuperação de área degradada. Insere-se ainda, a possibilidade de se avaliar as espécies com maior eficácia na utilização dos nutrientes e no retorno dos mesmos ao solo (ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003). Dessa forma, a quantidade e qualidade da serapilheira que é depositada continuamente assume importância indiscutível na manutenção da fertilidade e dos níveis de nutrientes no solo, uma vez que a mesma assume o papel de estoque potencial de nutrientes para o sistema (CALDEIRA et al., 2010).

Com isso, o estudo e o concatenamento das características das espécies leguminosas (como a biomassa acima do solo e raízes, as propriedades da serapilheira, os aspectos fisiológicos e de adaptabilidade) e de sua influência nos processos de ciclagem de nutrientes em uma área, pode favorecer a adoção de espécies específicas para cada situação e localidade, objetivando a recuperação da área, e a sua inserção como adubo verde.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a ciclagem de nutrientes em duas espécies de leguminosas (*Tephrosia candida* D.C. e *Mimosa velloziana* Mart) e uma Floresta de Tabuleiros, e sua influência sob a fertilidade do solo.

1.1.1 Objetivos específicos

- Estimar a biomassa em diferentes compartimentos acima do solo das leguminosas;
- Quantificar a serapilheira acumulada nas leguminosas e na Floresta de Tabuleiros;
- Determinar o teor e conteúdo dos nutrientes na serapilheira acumulada e na biomassa acima do solo das coberturas em estudo;
- Avaliar a influência da estação seca e chuvosa, na biomassa e nos nutrientes da serapilheira acumulada;
- Caracterizar quimicamente o solo sob as leguminosas e a Floresta de Tabuleiros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LEGUMINOSAS E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Os ecossistemas florestais, sejam clímax ou secundários, 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 (SANQUETA; BALBINOT, 2004; MORAN, 2009; KLIPPEL, 2011). Contudo, as mudanças na cobertura do solo, principalmente na cobertura florestal, trazem consequências tanto para o ser humano quanto para outras espécies vegetais e animais, especialmente em um ecossistema clímax, podendo gerar assim, ambientes em diferentes estágios de degradação.

Segundo Carpanezzi et al. (1990) e Rodrigues, Maltoni e Cassiolato (2007), área degradada é aquela que, após distúrbio, teve eliminados seus meios de regeneração natural, apresentando baixa ou nenhuma resiliência, sendo portanto, necessária ação antrópica para sua recuperação.

As áreas degradadas em regiões tropicais têm aumentado nas últimas décadas, principalmente, devido à alta demanda de terras agricultáveis, produtos extraídos das florestas, pelo 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; KLIPPEL, 2011). Parrotta et al. (1997) e Oldeman e Lynden (1998) atribuem ao desmatamento, ao manejo inadequado na agricultura, ao superpastejo e a exploração extrativista da vegetação para produção de energia e madeira as principais causas da degradação dos ecossistemas nos trópicos. Insere-se ainda, as áreas com extração de minerais. Somente no Estado do Espírito Santo, verificam-se mais de 600 mil hectares de áreas degradadas, localizadas principalmente em áreas cultivadas com pastagem e café (PEDEAG, 2008).

Segundo Santos et al. (2001), a recuperação dessas áreas é um processo sucessivo e, como tal, é composto por várias etapas que devem ser desenvolvidas num conjunto, para obter o resultado final que é restabelecer o potencial de produção, não sendo possível, por vezes, o retorno de um

ecossistema degradado à sua condição original (ARATO et al., 2003), seja pelo próprio intuito da recuperação ou pela condição de degradação no qual o ambiente foi submetido.

Martins et al. (2009) destacam que a metodologia utilizada na recuperação da área depende principalmente, do tipo e da intensidade da degradação a qual a área foi submetida. Para solos muito degradados (aqueles em que o horizonte superficial foi removido ou compactado) sugere-se utilizar a transposição do banco de sementes e de restos vegetais, aliado ao plantio de leguminosas (reptantes, arbustivas e arbóreas) fixadoras de nitrogênio atmosférico. Já nas áreas onde o solo não foi removido, é indicado fazer o isolamento da área, perfazendo concomitantemente manejo da regeneração e enriquecimento com vegetação arbustiva-arbórea.

Vislumbra-se ainda a recuperação do potencial produtivo, que pode ser obtido com o uso de sistemas de manejo que empreguem plantas previamente eleitas, como as leguminosas. Estas, aumentando o teor da matéria orgânica, decorrente de seu rápido crescimento, promovem a recuperação e a ativação das características físicas, químicas e biológicas do solo (BERTONI et al., 1972; MIYASAKA, 1984, FRANCO, 1991, FRANCO et al., 1995, COSTA et al., 2004, LONGO; RIBEIRO; MELO, 2011), fornecendo assim, um ambiente menos hostil ao desenvolvimento de outras espécies.

Moreira e Siqueira (2002) ressaltaram que o plantio de leguminosas favorece o processo de recuperação devido à capacidade em estabelecer simbiose com bactérias diazotróficas, formando nódulos em suas raízes, sendo possível a conversão do nitrogênio atmosférico (N_2) em formas de nitrogênio absorvíveis pelas plantas. Tal processo implica em aporte de quantidades expressivas deste nutriente no sistema solo-planta (PERIN et al., 2003), contribuindo com a nutrição das culturas ou espécies subsequentes na sucessão ecológica (ANDREOLA et al., 2000). Adicionalmente, estas plantas possuem a capacidade de associação com fungos micorrízicos, o que promove um maior volume explorado de solo pelas hifas, resultando em maior absorção de nutrientes e água pela planta (SIQUEIRA; FRANCO, 1988). Ressalta-se que nem todas as espécies de leguminosas possuem a capacidade de fixação biológica de nitrogênio.

Segundo Giacomini et al. (2003) e Teixeira et al. (2008) outra característica importante das leguminosas é a baixa relação C/N de sua massa seca, quando comparada a espécies de outras famílias. Este aspecto, aliado à grande presença de compostos solúveis, favorece sua decomposição e mineralização por microorganismos do solo e a ciclagem de nutrientes (PERIN et al., 2004).

Diferentes espécies de leguminosas são amplamente utilizadas e estudadas para a adubação verde. Os principais objetivos da implantação de leguminosas em projetos de recuperação de áreas degradadas estão associados ao fornecimento de suporte químico, físico e microbiológico para o desenvolvimento das demais tipologias. Destacam-se a *Sesbania* sp. (MENGISTU; KEFTASA; YAMI, 2002), a *Crotalaria juncea* L. e a *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. (FARIA; SOARES; LEO, 2004), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend, *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret, *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula (DIAS; SOUTO; FRANCO, 2007), *Centrosema rotundifolium* Mart. ex Benth. e *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth. (MAESTRI et al. 2011), *Canavalia ensiformis* (L.) D.C., *Cajanus cajan* (L.) Millsp, *Lablab purpureus* (L) Sweet e *Mucuna deeringiana* Bort) Merr. (PEREIRA et al., 2012), dentre outras, como as deste estudo, a *Tephrosia candida* e a *Mimosa velloziana*.

Tephrosia candida D.C. (tefrósia), é uma espécie exótica, nativa da Índia, sudoeste da Ásia e Madagascar. É um arbusto ereto, com altura média de 2,5 a 3 m. É potencialmente utilizada como adubo verde na recuperação de solos degradados devido a sua grande adaptabilidade a solos ácidos e de baixa fertilidade e ao incremento na ciclagem de nutrientes, controle da erosão, como pastagem e na produção de lenha (INFORZATO, 1947; GICHURU, 1991; PERIN et al.; 1996; GOMES; MORAES, 1997; AMADALO et al., 2003; ARRUDA; COSTA, 2003; MAFONGOYA; KUNTASHULA, 2005; BAIJUKYA; RIDDER; GILLER, 2005; ALVES; RICCE, 2006; FORMENTINI, 2008). Além disso, a planta como um todo (caule, folhas e raízes) contém a substância química “rotenona”, que é um dos mais poderosos biocidas da natureza (LAPOINTE et al., 2003).

Mimosa velloziana Mart (Malícia rosa, Mimosa ou Arranha gato), é uma espécie nativa, ocorrendo na região sudeste do país, além de Goiás e Mato

Grosso, apresenta-se como uma planta reptante que atinge até um metro em altura (sobrecamadas), possuindo elevado potencial para rápida cobertura do solo (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003; OLIVEIRA FILHO, 2010).

2.2 CICLAGEM DE NUTRIENTES E A SERAPILHEIRA ACUMULADA

A ciclagem de nutrientes refere-se ao processo de absorção de nutrientes pelas plantas, incorporação e acúmulo dos elementos na biomassa vegetal, assim como em organismos consumidores e decompositores e, finalmente, decomposição da matéria orgânica e mineralização dos elementos que retornam para o solo, hidrosfera e atmosfera, tornando-se disponíveis para serem reabsorvidos e incorporados em uma nova fixação biológica (VITOUSEK, 1984; SILVA, 2006).

Florestas tropicais, segundo Herrera et al (1978), desenvolvem-se em solos pobres em nutrientes somente a partir da manutenção dos mesmos sob altos níveis de biomassa, através de mecanismos de conservação, produzindo um ciclo de nutrientes relativamente otimizado ou fechado com pequenas quantidades.

A vegetação devolve nutrientes ao solo através da sua ciclagem de matéria vegetal, que é representada pela deposição da serapilheira e pela morte das raízes finas (VOGT et al., 1986). Reis e Barros (1990) salientam que o retorno de nutrientes via deposição de serapilheira representa a via mais importante do ciclo de nutrientes em áreas muito intemperizadas ou degradadas, apresentando a ordem de grandeza decrescente, de maneira geral, para macronutrientes de cálcio > nitrogênio > potássio > magnésio > enxofre > fósforo, e para os micronutrientes ferro > manganês > boro > zinco > cobre (CALDEIRA et al., 2010).

Para a maior parte dos nutrientes, exceto o potássio que retorna ao solo principalmente pelo processo de lixiviação da biomassa aérea e da serapilheira (RANGER; MARQUES; COLIN-BELGRAND, 1997), a ciclagem biológica, representada pela queda e decomposição da serapilheira, constitui-se a principal via de retorno de nutrientes ao solo e, indiretamente, às próprias plantas (DICKOW, 2010).

Para Bertalot et al. (2004) a quantidade e qualidade dos nutrientes fornecidos ao solo pela deposição da serapilheira são variáveis, sendo dependentes, principalmente das espécies que compõem a formação vegetal e da fertilidade do solo. Insere-se ainda as condições climáticas (precipitação, temperatura e luminosidade), altitude, latitude, relevo, deciduidade, estágio sucessional, disponibilidade hídrica do solo, características silviculturais e fauna decompositora, prevalecendo um ou mais fatores dependendo das características de cada ecossistema (VITOUSEK; SANFORD, 1986; FIGUEIREDO FILHO et al., 2003; CALDEIRA et al., 2007; 2008; 2010).

Trabalhos relacionados com a produção e acúmulo de serapilheira fornecem subsídios para um melhor entendimento dessa dinâmica dos nutrientes. Permitirá ainda, a geração de informações que ajudam na escolha de espécies vegetais para a recuperação de áreas degradadas ou mesmo, maciços implantados, através da sazonalidade, da quantidade e da qualidade da serapilheira produzida, quando suas características forem relevantes para a melhoria do solo, da cadeia alimentar resultante dos detritos por elas gerados e pelo aumento da diversidade vegetal proporcionado pelas espécies pioneiras (FANG; PENG, 1997; CALDEIRA et al., 2008).

Neste sentido, a serapilheira é considerada um bom indicador ambiental do sítio e da vegetação em processo de recuperação, sendo utilizada em diferentes estudos para esta finalidade (MOREIRA; SILVA, 2004; OLIVEIRA; BALLESTERO, 2007; MACHADO et al., 2008; KLIPPEL, 2011; PIMENTA et al., 2011; SILVA, 2012; SPERANDIO et al., 2012).

2.3 QUALIDADE DO SOLO

A recuperação de um ecossistema terrestre, segundo Klippel (2011), 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 é importante para a sustentabilidade dos ecossistemas implantados, e tem seu monitoramento realizado a partir do comportamento de indicadores ao longo do tempo, ou comparando seus

desempenhos com valores de referência, que podem ser estabelecidos a partir de resultados de pesquisa ou obtidos em ecossistemas naturais, localizados nas mesmas condições do solo e do clima avaliado (DORAN; PARKIN, 1994; KARLEN et al., 1997).

Stenberg (1999), citado por Carvalho (2005) enfatiza que nenhum indicador individualmente consegue descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo. Nem mesmo uma única função do solo é suficiente, já que deve haver uma relação entre todos os seus atributos, sendo assim, deve haver um número mínimo de indicadores selecionados.

Contudo, existem algumas propriedades do solo (físicas, químicas e biológicas), que podem ser consideradas como atributos indicadores e, portanto, são de suma importância na avaliação da sua qualidade (DORAN, PARKIN, 1994). Segundo Doran e Zeiss (2000) um bom indicador, além de ser sensível a modificações no manejo, deve ser bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo, ser capaz de elucidar os processos do ecossistema, ser compreensível e útil para o agricultor/pesquisador e, preferivelmente, de fácil e barata mensuração.

A qualidade ideal para um solo ainda não é conhecida, desta forma, tem sido sugerido adotar como critério de referência as condições de solos que suportam uma vegetação nativa e/ou que tenham sofrido mínimos distúrbios antropogênicos (DORAN; PARKIN, 1994).

Segundo Reichert et al. (2003), a qualidade física do solo descreve como o solo se comporta em relação à infiltração, retenção e disponibilidade da água às plantas e manutenção hídrica de córregos; a resposta ao manejo e se resiste à degradação: facilidade de trocas de calor e de gases com a atmosfera e raízes das plantas; e facilidade ao crescimento das raízes .

Os impactos de diferentes coberturas vegetais e de manejo na qualidade física do solo têm sido quantificados utilizando diferentes propriedades físicas relacionadas com a forma e com a estabilidade estrutural do solo, tais como: densidade do solo, porosidade do solo, granulometria, densidade de partículas e a resistência do solo à penetração (TAVARES FILHO et al., 2001; COSTA, GOEDERT; SOUZA, 2006; CAMPANHARO et al., 2009; FARIA et al., 2010; SANTOS; SALCEDO, 2010; PORTUGAL et al., 2010; CARDOSO et al., 2011; IAREMA et al., 2011; PEREIRA et al., 2011). É

necessário, no mínimo, uma caracterização destas propriedades a fim do conhecimento das inter-relações existentes.

Por sua vez, os atributos químicos do solo estão também intimamente relacionados com a vegetação local e sua formação (VITOUSEK; SANFORD, 1986), além do próprio material de origem (DECHEN; NACTHIGALL, 2007). A presença da vegetação, além de acarretar aporte de carbono, também tem influência em várias propriedades do solo, uma vez que atua como barreira física entre o solo e a atmosfera (WENDLING et al., 2005), além disso, a serapilheira contribui para o enriquecimento da fertilidade do solo, ciclando os nutrientes contidos na biomassa vegetal. Desta forma, em ambientes degradados, a implantação de espécies com elevados teores de nutrientes em sua serapilheira ocasiona o aumento gradual da fertilidade do solo, favorecendo um ambiente propício à sucessão ecológica.

Segundo Burguer e Kelting (1999), a matéria orgânica é comumente conhecida como um indicador químico da qualidade de solo, em razão de sua função na regulação de uma série de processos que ocorrem no solo. Kaiser, Martens e Heinemeyer (1995) acrescentam que a matéria orgânica do solo é tida como um critério importante na avaliação da sustentabilidade dos sistemas, uma vez que, seu declínio ou acréscimo permite mensurar a preservação e a restauração dos ecossistemas naturais, além dos desequilíbrios dos agroecossistemas.

A matéria orgânica é um dos principais agentes de agregação das partículas do solo, sendo que quanto maior o teor de carbono orgânico, maior o índice de estabilidade de agregados no solo (SANTOS et al., 2008). A matéria orgânica constitui-se em um dos principais reservatórios na superfície terrestre de carbono no ciclo global deste elemento. Contribui ainda, no aumento do armazenamento e permeabilidade da água, assim como influencia a aeração do solo e favorece o fornecimento de nutrientes para as plantas. Promove a elevação da CTC, uma liberação lenta de fósforo, nitrogênio, enxofre e água, favorecendo ainda o controle biológico, pela maior população microbiana e melhoria da capacidade tampão do solo (RAIJ, 1991).

Diferentes trabalhos utilizam ainda os macronutrientes, micronutrientes, CTC e o pH do solo, como bons indicadores da qualidade química do solo (GOMES; FILIZOLA, 2006; MAIA et al., 2006; PAVANELLI; ARAÚJO, 2010;

CARDOSO et al., 2011; CUNHA et al., 2011; KLIPELL, 2011; RIBEIRO, 2011; ARAÚJO et al., 2012; NEGREIROS et al., 2012; SILVA, 2012)

Os atributos biológicos do solo têm a capacidade de medir o nível de desequilíbrio ao qual um determinado ambiente está sujeito, sendo úteis para determinar os efeitos positivos e negativos sobre a qualidade do solo e a sustentabilidade das práticas agrícolas e/ou da vegetação implantada no local (CUNHA et al., 2011). Segundo Araújo e Monteiro (2007) os principais indicadores biológicos são biomassa microbiana, respiração, quociente respiratório e atividade enzimática do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O estudo foi realizado na Reserva Natural Vale (RNV), no município de Linhares, estado do Espírito Santo (Figura 1).

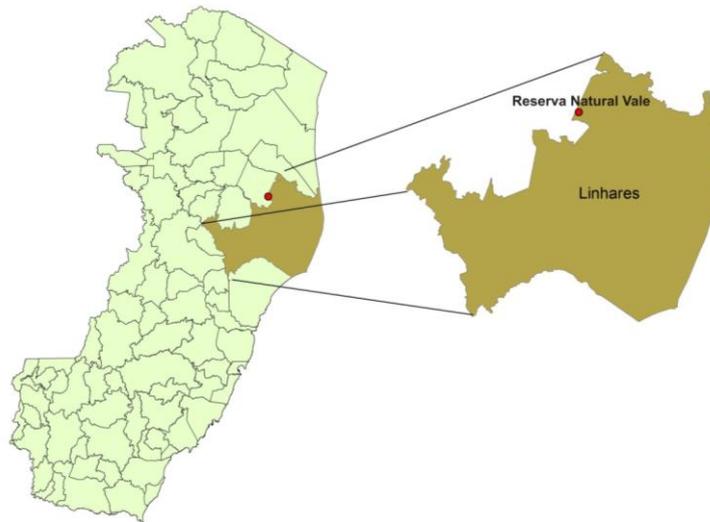


Figura 1: Localização da sede da Reserva Natural Vale no Estado do Espírito Santo. (FONTE: Adaptado do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo, GEOBASES).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw. Conforme os dados obtidos junto ao Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER) a precipitação pluviométrica e a temperatura, média anual, são de 1202 mm e 23,3 °C, respectivamente (Figura 2). A umidade relativa apresenta médias anuais de 80,6 a 86,6%.

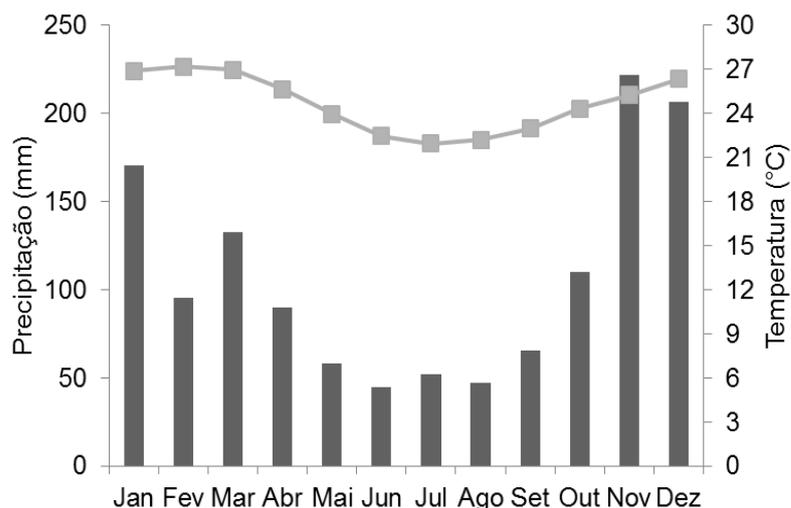


Figura 2: Gráfico termopluiométrico da região de Linhares, ES, com a média mensal de 35 anos de dados (1977 - 2012).

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).

O solo é classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso. No Apêndice encontra-se a descrição e caracterização detalhada do perfil do solo da área sob Floresta de Tabuleiros.

As áreas experimentais foram delimitadas pela vegetação implantada no local, sendo composta por duas espécies de leguminosas (tefrósia e mimosa) e uma área de Floresta de Tabuleiros, utilizada como área de referência natural da região (Figura 3).

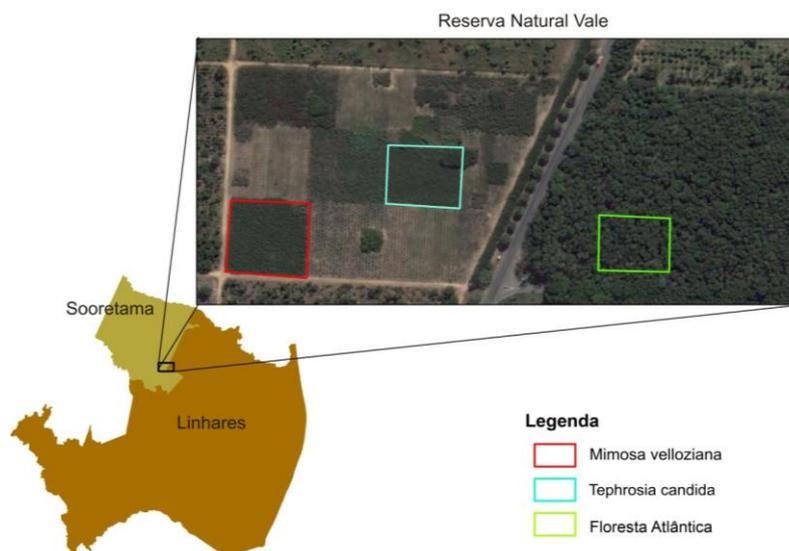


Figura 3: Delimitação das áreas em estudo (*Mimosa velloziana*, *Tephrosia candida* e Floresta Atlântica), locados no interior da Reserva Natural Vale, em Linhares, Espírito Santo. (FONTE: Adaptado do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo, GEOBASES).

A área com Floresta de Tabuleiros (Figura 4) é caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, na qual a esclerofilia é uma particularidade típica (IBGE, 2012). Dentre as famílias que se encontram na área, destacam-se a Lecythidaceae, Leguminosae, Meliaceae, Sapotaceae, Myrtaceae e Bignoniaceae.



Figura 4: Vista parcial do interior da Floresta Atlântica de Tabuleiros, em Linhares, ES.

As leguminosas estão implantadas numa área denominada “Banco de Leguminosas”, que consiste em monocultivos de leguminosas (*Mimosa velloziana*, *Chamaecrista desvauxii*, *Mimosa bimucronata*, *Mimosa setosa*, *Senna alata*, *Chamaecrista nictitans*, *Tephrosia cândida* e *Senna reniformis*),

com 0,5 ha cada. A escolha das duas espécies para este estudo advém do fato, de serem potenciais para estudos em recuperação de áreas degradadas, e de não existir, em literatura, relatos sobre a ciclagem de nutrientes e a contribuição nutricional ao solo, para ambas as espécies, aliado ao fato de serem os monocultivos que estavam com ausência de plantas invasoras no solo, potencializando assim, o efeito da vegetação no local.

O histórico da área das leguminosas remota no cultivo de eucalipto na década de 80, ficando *a posteriori* em pousio, e a inserção das leguminosas em outubro de 2008.

O preparo do solo para a implantação das leguminosas foi realizado via coveamento manual (0,30 m x 0,30 m x 0,30 m), com espaçamento 2 x 3 m, e fertilização, em cova, de 200 g de superfosfato simples. Foi realizado o semeio de cinco sementes por cova, e o ressemeio, quando necessário, após 30 dias. Ao atingirem 20 cm de altura, foi realizado o raleio, deixando apenas uma plântula por cova.

As leguminosas apresentam características bem peculiares, sendo a *Mimosa velloziana* uma espécie reptante (Figura 5), contudo apresentando aproximadamente um metro de altura, devido ao acamamento provocado pela própria espécie. A *Tephrosia candida* é uma espécie arbustiva (Figura 6), com aproximadamente 2,5 m em altura.



Figura 5: Vista parcial da área com *Mimosa velloziana* em Linhares, ES.



Figura 6: Vista parcial da área com *Tephrosia candida* em Linhares, ES.

Para verificar o comportamento nutricional, os processos de ciclagem de nutrientes e a influência das leguminosas nas propriedades do solo, foram avaliados atributos físicos e químicos do solo, a compartimentalização de biomassa e de nutrientes acima do solo, e a biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada, conforme descrito a seguir.

3.2 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO

A amostragem do solo para avaliação dos seus atributos foi realizado nos meses de março a maio de 2012, nos sítios de leguminosas e Floresta de Tabuleiros. Para tal, foram retiradas amostras deformadas e indeformadas, conforme descrito por Santos et al. (2005), nas profundidades de 0 – 5, 5 – 15 e 15 – 30 cm.

As áreas em estudo foram subdivididas em quadrantes e em uma região central, totalizando cinco subáreas. Para as amostras deformadas, em cada subárea, e por profundidade, foram retiradas de forma aleatória três amostras simples, sendo estas então, homogeneizadas e retirada uma amostra. Logo, de cada área, foram configuradas cinco amostras por profundidade. Este material foi seco ao ar e peneirado em malha de 2 mm (TFSA). Para as amostras indeformadas foi retirado em cada subárea uma amostra, com auxílio do amostrador de Uhland e anéis volumétricos de Kopernick.

Com a TFSA, caracterizou-se fisicamente o solo pela análise granulométrica, e com as amostras indeformadas, determinou-se a densidade do solo.

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta com agitação mecânica rápida e dispersante químico NaOH a 1 mol L⁻¹, onde as frações de areia são obtidas por peneiras, o silte e a argila são separadas por sedimentação, segundo a lei de Stokes (EMBRAPA, 1997). A densidade do solo (Ds) foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997), no qual, o solo que preenche o volume do anel foi seco em estufa a 105 °C, e posteriormente, pesado.

Tabela 1: Caracterização física do solo nas áreas em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas - tefrósia e mimosa), nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30 cm, em Linhares, ES

Cobertura	Argila	Silte	Areia	Classificação textural
	%			
Profundidade 0 - 5 cm				
Floresta	9,38	0,45	90,04	Arenosa
Tefrósia	17,80	1,71	80,50	Média
Mimosa	15,69	1,14	83,17	Média
Profundidade 5 - 15 cm				
Floresta	11,70	0,12	88,18	Arenosa
Tefrósia	20,56	1,43	77,38	Média
Mimosa	18,61	1,45	79,94	Média
Profundidade 15 - 30 cm				
Floresta	16,15	1,21	82,64	Média
Tefrósia	21,29	1,22	75,62	Média
Mimosa	20,72	1,11	77,17	Média

Os atributos químicos do solo foram avaliados com a TFSA, sendo o pH em água (Relação 1:2,5); Fosforo - P, Potássio - K, Zinco - Zn, Cobre - Cu, Ferro - Fe e Manganês - Mn (Mehlich 1); Cálcio - Ca, Magnésio - Mg e Alumínio - Al (KCl 1 mol L⁻¹); H + Al (Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0); Boro - B (água quente) e Matéria orgânica - MO (Walkley-Black), conforme compêndio de EMBRAPA (1997), e Nitrogênio total no solo - NT (Kjeldahl), conforme Gianello e Bremner (1986).

3.3 ANÁLISES VEGETAIS

3.3.1 Biomassa acima do solo

As leguminosas em estudo apresentam formação arquitetônica distinta entre si, a Tefrósia como arbusto e a Mimosa como reptante, e por isso a quantificação de biomassa acima do solo ocorreu de forma diferenciada. Ressalta-se ainda, que a biomassa foi determinada apenas para as espécies leguminosas, e a coleta da biomassa foi realizada em fevereiro de 2012. As espécies estavam com aproximadamente 3 anos de implantação.

Na tefrósia, foram seccionados oito indivíduos, os quais, individualmente, foram compartimentalizados em folhas, galhos verdes com diâmetro superior a 2 cm e inferior a 2 cm, e em galhos mortos (Figura 7). Ainda em campo, todo o material vegetal foi pesado. Para a amostragem do material a ser encaminhado ao laboratório, para as frações de cada indivíduo, os galhos verdes e mortos, foram processados em miniestacas de 5 cm de comprimento. Retirou-se então, 10 miniestacas de cada indivíduo, e estas foram encaminhadas ao laboratório para secagem em estufa de circulação forçada, a 65 °C, até atingir massa constante.



Figura 7: Compartimentalização da biomassa acima do solo da *Tephrosia candida*, em folhas, galhos secos, galhos com diâmetro inferior e superior a 2 cm, em Linhares, ES.

Na mimosa, utilizou-se um gabarito com dimensões de 0,5 x 0,5 m, no qual, em sete pontos aleatórios, todo o material vegetal presente em seu interior era coletado e fracionado em folhas, ramos verdes e ramos mortos.

Inicialmente abriram-se trilhas em meio ao sitio com mimosa, a fim de amostrar toda a área. No ponto de coleta, todo o material foi acamado próximo ao solo, através da compressão física da vegetação, após este procedimento, o gabarito era alocado nesta área, e com o auxílio de uma cavadeira de lâmina única, todo o material vegetal presente no interior do gabarito foi seccionado verticalmente, norteado pelas bordas do mesmo (Figura 8), sendo então, fracionado e pesado em campo. Retirou-se uma amostra de cada compartimento por ponto, e estas, foram encaminhadas ao laboratório para secagem em estufa de circulação forçada, a 65 °C, até atingir massa constante.



Figura 8: Compartimentalização da biomassa acima do solo da *Mimosa velloziana*, em folhas, ramos e ramos secos, com o auxílio de um gabarito, em Linhares, ES.

Desta forma, com a massa das amostras úmidas e das amostras secas, foi determinada a umidade de cada compartimento, e posteriormente, a massa seca total de cada indivíduo/ponto coletado em campo. Esse material vegetal foi moído e alocado em cinco amostras, por compartimento das espécies, para análise nutricional.

3.3.2 Serapilheira acumulada

A serapilheira acumulada foi coletada nas espécies leguminosas e na Floresta de Tabuleiros, em dois períodos distintos: estação chuvosa e estação seca, nos meses de janeiro e julho de 2012, respectivamente.

A coleta foi realizada com o auxílio de um gabarito 0,25 x 0,25 m, sendo efetuadas em 12 pontos aleatórios no interior de cada área. Insere-se que na área com mimosa este procedimento foi aliado à abertura manual da vegetação, e a inserção do gabarito ao solo. Todo o material vegetal morto presente no interior do gabarito foi coletado e encaminhado ao laboratório para secagem em estufa de circulação forçada, a 65 °C, até atingir massa constante. Posteriormente, este material foi pesado e moído. Retirou-se então, cinco amostras de serapilheira acumulada moída, por área, para análise nutricional.

3.3.3 Análise nutricional

Com as amostras secas e moídas da biomassa aérea das leguminosas e da serapilheira acumulada, procedeu-se a análise química dos nutrientes.

Determinou-se os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, manganês e zinco, por digestão via úmida, sendo o boro obtido por digestão via seca (EMBRAPA, 2009; TEDESCO et al., 1995). O nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl. Os teores de fósforo e boro nas amostras foram determinados pelo espectrofotômetro UV-VIS. No espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) foram determinados os teores de potássio, cálcio, magnésio, cobre, manganês e zinco.

O conteúdo dos nutrientes foi estimado pela equação abaixo (CUEVAS; MEDINA, 1986):

$$CNT = []_{\text{nutriente}} * BSD$$

Em que:

CNT = Conteúdo de nutrientes (g ha⁻¹ ou mg ha⁻¹)

[] = Teor do nutriente (g kg⁻¹ ou mg kg⁻¹);

BSD = Biomassa seca do material vegetal (kg ha⁻¹).

3.4 BALANÇO NUTRICIONAL

Para o balanço de nutrientes (BN) no sistema, tomaram-se valores dos conteúdos dos nutrientes no solo (nas diferentes profundidades), na serapilheira acumulada e na biomassa acima do solo, para cada leguminosa. O balanço interno de nutrientes foi obtido pela seguinte expressão, conforme utilizado por Gama-Rodrigues, Gama-Rodrigues e Barros (2008):

$$\text{BN} = \text{solo} - (\text{parte aérea} + \text{serapilheira})$$

Desse modo, o balanço interno de nutrientes expressa a diferença de estoque entre o solo e a vegetação acima do solo.

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para as análises químicas do solo, instalou-se na área de estudo um Delimitado Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema de parcelas subdivididas no espaço, definindo as parcelas como as três áreas (Floresta nativa, mimosa e tefrósia) e as subparcelas as três profundidades (0 – 5 cm, 5 – 15 cm, 15 – 30 cm), com cinco repetições por área de estudo. Aplicou-se o teste de Tukey a 5% de significância ou o teste F a 5% de significância, quando necessário.

Para a biomassa da serapilheira acumulada, instalou-se um DIC em esquema fatorial, constituído de três áreas (Floresta, mimosa e tefrósia) e duas épocas de coleta (inverno e verão), com 12 repetições. Aplicou-se o teste de Tukey a 5% de significância ou o teste F a 5% de significância, quando necessário.

Para a análise química (nutricional) da serapilheira acumulada, instalou-se um DIC em esquema fatorial, composto por três áreas (Floresta, mimosa e tefrósia) e duas épocas de coleta (inverno e verão), com cinco repetições. Aplicou-se o teste de Tukey a 5% de significância ou o teste F a 5% de significância, quando necessário.

Na biomassa acima do solo e seus nutrientes, utilizou-se do DIC em modelo de classificação hierárquico, no qual, foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de significância entre os compartimentos de cada espécie, e o Teste F a

5% de significância entre o somatório (ou média, dependendo do caso) dos valores de cada atributo avaliado entre as espécies.

As análises estatísticas foram realizadas no software R (R Development Core Team, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 BIOMASSA ACIMA DO SOLO

4.1.1 Biomassa

Na Tabela 2 é apresentada a biomassa acima do solo das leguminosas, *Tephrosia candida* e *Mimosa vellosiana*.

Tabela 2: Compartimentalização da biomassa acima do solo das leguminosas em estudo

Cobertura	Fração	Biomassa		
		Mg ha ⁻¹	(%)*	CV (%)****
Tefrósia	Folhas	4,12 ^{c**}	18,59	26,37
	Galhos < 2 cm	6,93 ^b	31,27	17,46
	Galhos > 2 cm	10,42 ^a	47,07	31,81
	Galhos secos	0,68 ^d	3,07	28,37
Mimosa	Folhas	3,45 ^b	22,94	33,55
	Ramos	10,10 ^a	67,14	49,02
	Ramos secos	1,49 ^c	9,92	37,01
Biomassa total	Tefrósia	22,14 ^{a***}		
	Mimosa	15,05 ^b		

*Contribuição do compartimento, em porcentagem, na biomassa total acima do solo da espécie.** As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, dentro de cada espécie, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *** As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, em conteúdos totais, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade. **** CV: Coeficiente de variação.

Para a tefrósia, a fração galhos maiores que 2 cm de diâmetro, representou quase a metade de sua biomassa aérea (47,06%), sendo a ordem de grandeza decrescente constituída por galhos maiores 2 cm > galhos menores 2 cm > folhas > galhos secos.

De maneira geral, a compartimentalização da biomassa acima do solo encontrada nas leguminosas deste estudo é a mesma observada por diferentes autores, como Balieiro et al. (2004) em *Acacia mangium* com quatro anos em Seropédica (RJ) e Caldeira et al. (2001a) e Caldeira et al. (2011) em *Acacia mearsii* com dois e quatro anos, em Butiá (RS) e Arroio dos Ratos (RS), respectivamente.

Para a mimosa, no compartimento ramos foi alocado o maior volume de biomassa, representando 66,14% da biomassa acima do solo da espécie, seguido de folhas (22,94%) e ramos secos (9,92%).

A ordem de grandeza e de alocação de biomassa em cada compartimento é influenciada pela espécie, espaçamento, condições edafoclimáticas do sítio, idade e pelos possíveis estresses sofridos pelos indivíduos no seu desenvolvimento (CALDEIRA et al., 2001b; LADEIRA et al., 2001; CALDEIRA; RONDON NETO; SCHUMACHER, 2002; GONÇALVES et al., 2004; SCHUMACHER; CALDEIRA, 2004; SILVEIRA et al., 2008; RIBEIRO et al., 2009) .

Verifica-se que a tefrósia apresentou uma biomassa aérea superior ao da mimosa (22,14 versus 15,05 Mg ha⁻¹) devido às características particulares de cada espécie, como estrutura e forma. Os valores obtidos para ambas as espécies são superiores aos observados em estudos com leguminosas para adubação verde e/ou recuperação de áreas degradadas, como na *Mucuna aterrima* (AMABILE; FANCELLI; CARVALHO, 2000), *Cajanus cajan* e *Crotalaria juncea* (ALCANTARA et al., 2000), *Crotalaria juncea* (DOURADO; SILVA; BOLONHEZI, 2001), *Tephrosia candida* (ALVES; RICCE, 2006), *Sesbania* sp. (MENGISTU et al., 2002), *Crotalaria spectabilis* (PEREIRA et al., 2012) e *Canavalia ensiformis* (SOUZA et al., 2012).

4.1.2 Nutrientes

O compartimento folhas, em ambas as espécies, apresentou os maiores teores de macronutrientes (Tabela 3), chegando a possuir o triplo (ou mais, dependendo da fração) em relação aos outros componentes. Segundo Gonçalves e Melo (2000) e Caldeira, Schumacher e Rodrigues (2002), os nutrientes se concentram nas partes metabólica e fisiologicamente mais ativas das plantas. Desta forma, as folhas tornam-se ferramenta fundamental no processo de ciclagem de nutrientes, e de inserção dos mesmos no ecossistema, através de sua queda e decomposição. Estes maiores teores na folhas também foi observado nos estudos de Baggio e Carpanezzi (1997) em *Mimosa scabrella*, de Drumond et al. (1997) em diferentes espécies da Mata Atlântica, nos de Caldeira, Schumacher e Santos (2001) e Caldeira,

Schumacher e Rodrigues (2002), ambos com *Acacia mearnsii*, Moura et al. (2006) em *Mimosa caesalpiniaefolia* e no de Teo et al. (2010a) em *Mimosa scabrella*.

Tabela 3: Teores médios dos macronutrientes em cada compartimento da biomassa acima do solo das leguminosas (tefrósia e mimosa)

Cobertura	Fração	Nitrogênio Fósforo Potássio Cálcio Magnésio				
		g kg ⁻¹				
Tefrósia	Folhas	31,85 ^{a*} (4,79) ^{***}	1,93 ^a (3,4)	11,34 ^a (15,89)	10,03 ^a (13,57)	2,68 ^a (7,41)
	Galhos < 2 cm	11,69 ^b (4,02)	0,66 ^b (7,51)	8,01 ^b (9,59)	7,57 ^b (10,23)	1,91 ^b (24,78)
	Galhos > 2 cm	4,90 ^d (16,75)	0,24 ^c (11,09)	3,28 ^c (11,04)	5,02 ^c (13,23)	0,56 ^c (11,05)
	Galhos secos	6,93 ^c (21,49)	0,18 ^c (19,24)	0,58 ^d (32,29)	9,39 ^{ab} (19,36)	2,15 ^{ab} (17,16)
Mimosa	Folhas	34,30 ^a (2,79)	2,14 ^a (11,03)	12,20 ^a (18,45)	7,91 ^a (26,07)	2,86 ^a (22,79)
	Ramos	10,08 ^b (20,16)	0,88 ^b (31,55)	8,75 ^a (30,61)	6,47 ^a (3,77)	1,63 ^b (24,54)
	Ramos secos	7,98 ^b (7,2)	0,39 ^c (13,2)	2,91 ^b (24,83)	7,09 ^a (13,97)	1,72 ^b (18,15)
Teores médios	Tefrósia	13,74 ^{b**}	0,74 ^b	6,16 ^b	8,52 ^a	2,09 ^a
	Mimosa	15,43 ^a	1,12 ^a	8,96 ^a	6,86 ^b	1,92 ^b

* As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, dentro de cada espécie, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, em conteúdos totais, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade. *** Coeficiente de variação entre as amostras (valor entre parenteses)

Para a tefrósia, a ordem decrescente de macronutrientes nos compartimentos da biomassa aérea foi definido por folhas > galhos menores 2 cm > galhos secos > galhos maiores 2 cm, ocorrendo inversão entre galhos secos e galhos maior 2 cm para os macronutrientes fósforo e potássio. Já na mimosa, esta sequência de grandeza constitui-se de folhas > ramos > ramos secos, com inversão entre as frações ramos e ramos secos para o cálcio e o magnésio.

Nos macronutrientes, o nitrogênio, de forma geral, apresentou o maior teor em relação aos demais, para ambas as espécies. Contudo, nos compartimentos galhos maiores 2 cm e galhos secos da Tefrósia, ocorreu a predominância do cálcio em relação ao nitrogênio. Segundo Epstein e Bloom (2006), o cálcio tende a se tornar imobilizado em tecidos mais velhos e não é

deslocado em quantidade para regiões mais jovens, que crescem ativamente, conforme constatado.

A ordem de grandeza dos teores de macronutrientes para *Tefrosia* (folhas e galhos menores 2 cm) e *Mimosa* (folhas, ramos e ramos secos) é representado por nitrogênio >>> potássio \equiv cálcio >>>> magnésio > fósforo. O mesmo foi verificado em *Acacia mangium* (BALIEIRO et al., 2004), *Pseudosamanea guachapele* (BALIEIRO et al. 2002), *Myrsine ferruginea* (CALDEIRA et al., 2003) e *Mimosa caesalpiniaefolia* (MOURA et al., 2006). Já para as frações galhos maiores 2 cm e galhos secos, na *Tefrosia*, o cálcio sobressaiu, seguido pelo nitrogênio > potássio > magnésio > fósforo, com inversão entre potássio e magnésio nos galhos secos. Este padrão foi observado por Schumacher et al. (2008) em povoamento de *Hovenia dulcis*.

O elevado teor de nitrogênio nas folhas influencia na ciclagem do nutriente no sistema, por ser um órgão de mais rápida mineralização, cerca de 50% do seu teor estará disponível no primeiro ano de queda da folha ao solo (FREIRE et al., 2010).

Araújo (2007) avaliando a influência da cobertura do solo nos teores de macronutrientes em *Tefrosia candida*, aos 22 meses após plantio em Manaus (AM), verificou teores médios semelhantes aos observados neste trabalho, exceto para o nitrogênio, o qual foi superior. Sendo mensurado pelo autor 29,96 g kg⁻¹ de nitrogênio, 1,87 g kg⁻¹ de fósforo, 8,73 g kg⁻¹ de potássio, 8,39 g kg⁻¹ de cálcio e 2,45 g kg⁻¹ de magnésio.

Quanto aos micronutrientes Mn, Cu e B (Tabela 4), nos compartimentos das espécies, verifica-se que os maiores teores foram observados nas folhas, conforme ocorrido nos macronutrientes. Tal fato é decorrente à maior atividade metabólica que ocorre nas folhas dos vegetais, corroborando com Teo et al. (2010b) em *Mimosa scabrella*.

Tabela 4: Teores médios dos micronutrientes alocadas em cada compartimento da biomassa acima do solo das leguminosas (tefrósia e mimosa)

Cobertura	Fração	Zinco	Manganês	Cobre	Boro
		mg kg ⁻¹			
Tefrósia	Folhas	21,96 ^{a*} (8,42) ^{***}	25,65 ^a (18,67)	6,88 ^a (10,02)	141,21 ^a (9,81)
	Galhos < 2 cm	20,56 ^a (19,36)	11,42 ^{bc} (30,01)	3,33 ^b (4,75)	45,49 ^b (10,52)
	Galhos > 2 cm	20,58 ^a (4,94)	5,73 ^d (2,16)	1,48 ^c (0,45)	24,02 ^c (3,60)
	Galhos secos	24,12 ^a (23,18)	12,30 ^b (25,83)	2,00 ^c (18,32)	32,81 ^{bc} (6,28)
	Folhas	25,68 ^a (24,54)	28,76 ^a (26,59)	4,45 ^a (24,35)	52,14 ^a (6,28)
Mimosa	Ramos	20,59 ^{ab} (11,47)	13,21 ^b (18,04)	2,60 ^b (8,10)	37,08 ^b (14,63)
	Ramos secos	17,45 ^b (3,01)	18,72 ^b (14,80)	1,85 ^b (26,95)	19,07 ^c (20,70)
Teores totais	Tefrósia	21,93 ^{a**}	14,17 ^b	3,52 ^a	58,66 ^a
	Mimosa	21,45 ^b	17,33 ^a	2,95 ^b	38,75 ^b

* As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, dentro de cada espécie, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, em conteúdos totais, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade. *** Coeficiente de variação entre as amostras (valor entre parenteses)

O boro destacou-se, apresentando teor superior em todos os compartimentos da biomassa aérea, em relação aos demais nutrientes, divergindo do observado por Teo et al. (2010b) em *Mimosa scabrella*, no qual o manganês foi superior. Esta discordância ocorre principalmente pelas características de cada espécie estudada. No referido estudo, os autores observaram teores na ordem de 193,82 mg kg⁻¹ para o manganês, 20,61 mg kg⁻¹ para o cobre e 18,94 mg kg⁻¹ para o zinco.

De forma geral, os teores observados para ambas as leguminosas são superiores ou, ao menos, semelhante aos observados em diferentes espécies utilizadas para adubação verde ou em leguminosas arbustivas: *Flemingia macrophylla* (ARAUJO, 2007), *Mucuna aterrima*, *Pennisetum glaucum* e *Helianthus annuus* (CARVALHO et al., 2007), *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis* (TEIXEIRA; MALTA, 2012) *Mucuna aterrima*, *Dolichos lablab* e *Cajanus cajan* (FAVERO et al., 2000). Tal fato evidencia o potencial das

espécies em estudo, a fim de inseri-las em áreas em processo de recuperação, assim como, potenciais para utilização como adubo verde.

A Tefrósia apresentou os maiores teores de cálcio, magnésio, zinco, cobre e boro em sua biomassa aérea, já os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e manganês foram superiores na Mimosa.

As partes metabolicamente mais ativas da tefrósia, que são os galhos com diâmetro inferior a 2 cm e as folhas, apresentaram os maiores conteúdos de macronutrientes (Tabela 5) e de micronutrientes (Tabela 6), exceto para o zinco, o qual, foi no componente galho com diâmetro superior a 2 cm, sua maior alocação. Os micronutrientes acumulam-se na biomassa em quantidades relativamente pequenas, de acordo com seus teores (BRUN et al., 2010), assim como é a necessidade nutricional do vegetal.

Tabela 5: Conteúdo dos macronutrientes em cada compartimento da biomassa acima do solo das leguminosas (tefrósia e mimosa)

Cobertura	Fração	kg ha ⁻¹				
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Tefrósia	Folhas	131,11 ^a	7,96 ^a	46,66 ^b	41,30 ^b	11,03 ^b
	Galhos < 2 cm	80,95 ^b	4,58 ^b	55,47 ^a	52,42 ^a	13,23 ^a
	Galhos > 2 cm	51,07 ^c	2,54 ^c	34,13 ^c	52,30 ^a	5,85 ^c
	Galhos secos	4,71 ^d	0,12 ^d	0,39 ^d	6,38 ^c	1,46 ^d
Mimosa	Folhas	118,41 ^a	7,38 ^b	42,12 ^b	27,30 ^b	9,88 ^b
	Ramos	101,83 ^b	8,93 ^a	88,40 ^a	65,34 ^a	16,44 ^a
	Ramos secos	11,91 ^c	0,58 ^c	4,34 ^c	10,58 ^c	2,57 ^c
Conteúdo total	Tefrósia	267,84 ^{a**}	15,21 ^a	136,65 ^a	152,40 ^a	31,57 ^a
	Mimosa	232,16 ^b	16,89 ^a	134,85 ^b	103,21 ^b	28,89 ^b

* As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, dentro de cada espécie, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, em conteúdos totais, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade

Tabela 6: Conteúdo dos micronutrientes em cada compartimento da biomassa acima do solo das leguminosas (tefrósia e mimosa)

Cobertura	Fração	Zinco	Manganês	Cobre	Boro
		g ha ⁻¹			
Tefrósia	Folhas	90,39 ^{c*}	105,58 ^a	28,31 ^a	581,28 ^a
	Galhos < 2 cm	142,40 ^b	79,08 ^b	23,07 ^b	315,02 ^b
	Galhos > 2 cm	214,49 ^a	59,67 ^c	15,47 ^c	250,37 ^c
	Galhos secos	16,40 ^d	8,37 ^d	1,36 ^d	22,31 ^d
Mimosa	Folhas	88,65 ^b	99,29 ^b	15,36 ^b	180,01 ^b
	Ramos	208,01 ^a	133,47 ^a	26,27 ^a	374,59 ^a
	Ramos secos	26,05 ^c	27,95 ^c	2,76 ^c	28,46 ^c
Conteúdo total	Tefrósia	463,67 ^{a**}	252,71 ^a	68,21 ^a	1168,98 ^a
	Mimosa	322,71 ^b	260,71 ^a	44,38 ^b	583,07 ^b

* As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, dentro de cada espécie, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, em conteúdos totais, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Brun et al. (2010) sugerem que comparações sobre a capacidade de cada compartimento da biomassa acima do solo em armazenar nutrientes (conteúdo de nutrientes) devem ser cuidadosas, uma vez que as estimativas de biomassa podem ser originadas por diferentes metodologias e, insere-se ainda, cuidado ao se tentar comparar entre espécies diferentes, por apresentarem comportamentos distintos.

Na leguminosa mimosa, o maior conteúdo dos nutrientes foi alocado nos ramos, excetuando o nitrogênio, o qual foi superior nas folhas.

Os componentes galhos secos (tefrósia) e ramos secos (mimosa) apresentaram os menores conteúdos de nutrientes, evidenciado especialmente pelo baixo valor de biomassa produzida.

Verifica-se que esse maior acúmulo de nutrientes na tefrósia já era esperado, em função do seu maior porte e, conseqüentemente, maior produção de biomassa.

Numa visão geral, quanto ao conteúdo total de nutrientes, a espécie *Tephrosia candida* merece destaque em relação a *Mimosa velloziana*, apresentando-se superior em todos os nutrientes (exceto fósforo e manganês, os quais apresentaram conteúdo semelhante). Estes resultados indicam a espécie como potencial para inserção em projetos de recuperação de áreas degradadas e/ou adubação verde, corroborando com Gichuru (1991) e Baijukya,

Ridder e Giller (2005). Contudo, acrescenta-se que as espécies apresentam características bem particulares, o que predispõe a observância de outros fatores (como objetivos do projeto e características da área – solo, relevo, perturbação do ambiente, entre outros) na escolha da espécie a ser implantada.

4.2 SERAPILHEIRA ACUMULADA

4.2.1 Biomassa

Para a biomassa de serapilheira acumulada sob o solo não ocorreu interação significativa entre os fatores (coberturas e época de coleta), procedendo-se assim a análise individual. Entre os períodos de coleta, estação seca e chuvosa, não foi verificado diferença estatística, sendo significativa apenas a variação entre os usos do solo, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Biomassa de serapilheira acumulada sobre o solo nas diferentes coberturas vegetais em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa)

Cobertura	Serapilheira acumulada (Mg ha ⁻¹)	
	Estação chuvosa	Estação seca
Mimosa	12,32 ^{aA*}	11,62 ^{aA}
Tefrosia	7,97 ^{bA}	7,36 ^{bA}
Floresta	8,06 ^{bA}	7,98 ^{bA}
CV (%)	37,81	25,10

* As médias seguidas pela mesma letra em minúsculo, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, já as médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, na linha, não diferem entre si pelo teste de F a 5% de significância.

Conforme Leitão Filho (2003) o ambiente florestal tropical apresenta uma estabilidade na produção de serapilheira no decorrer do ano, devido ao seu estado clímax, sendo que a quantidade produzida nas diferentes épocas depende do tipo de vegetação considerada.

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

ha⁻¹. Em trabalhos mais específicos na região da Floresta de Tabuleiros, Andrade, Perez e Garay (2003) encontraram 7,49 Mg ha⁻¹ na Reserva Biológica de Sooretama, em Sooretama, ES. Klippel (2011) em Linhares, ES, encontrou 7,4 Mg ha⁻¹ de biomassa de serapilheira acumulada em diferentes sistemas de restauração florestal. Já Ribeiro (2011) observou 16,85 Mg ha⁻¹, em mata nativa em Linhares (ES), valor este, superior ao encontrado neste trabalho.

A área sob Mimosa apresentou o maior acúmulo médio de serapilheira, com 11,98 Mg ha⁻¹, sendo superior à Tefrósia e a Floresta de Tabuleiros. Tal fato pode estar relacionado ao microclima gerado pela forma da espécie, que proporciona ampla cobertura do solo e de sua própria serapilheira, reduzindo assim, a incidência de radiação direta no material vegetal, ou pela qualidade do material vegetal da espécie (componentes orgânicos e estruturais). Além disso, Martins e Rodrigues (1999) e Jaramillo-Botero et al. (2008) sugerem que as espécies típicas de estádios de sucessão primária se caracterizam por fazer grande investimento na produção de biomassa em curto espaço de tempo, refletindo assim, em grande biomassa de serapilheira, como constatado para ambas as espécies de leguminosas.

Klippel (2011) estudando diferentes metodologias para restauração florestal para Florestas de Tabuleiros observou que nos modelos no qual foi inserida uma espécie de leguminosa (no caso, a *Sesbania grandiflora*), o incremento de serapilheira foi superior aos dos demais tratamentos que não a possuíam, indicando o grande potencial de deposição de serapilheira por espécies desta família, conforme verificado neste trabalho. Esta elevada deposição de serapilheira por espécies leguminosas também foi constatada por Bertalott et al. (2004) com *Leucaena leucocephala* e *Mimosa scabrella*, Costa et al. (2004) com *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Acacia auriculiformis* e *Gliricidia sepium*, Silva (2011) com *Acacia auriculiformis* e *Acacia mangium*, Machado et al. (2012) com *Parkia platycephala*, *Caesalpineia ferrea* e *Samanea saman*, e Sperandio et al. (2012) com *Acacia auriculiformis* e *Acacia mangium*.

O expressivo valor de serapilheira acumulada pelas espécies de leguminosas pode desempenhar papel fundamental na recuperação de áreas degradadas, especialmente sobre a melhoria da atividade biológica em solos altamente intemperizados ou em processos de recuperação ambiental, e na

formação de camadas de material orgânico no solo (MOCHIUTTI; QUEIROZ; MELÉM JUNIOR; 2006).

4.2.2 Nutrientes

Outro fator preponderante na avaliação da serapilheira acumulada, além de sua biomassa, é o teor dos nutrientes que a constitui, pois a serapilheira é responsável pela retenção de grandes quantidades de nutrientes, constituindo uma importante forma de retorno dos elementos minerais da vegetação para o solo, em sua decomposição (CALDEIRA et al., 2008; PEREIRA et al., 2008; GODINHO, 2011; VOGEL; SCHUMACHER; TRÜBY, 2011).

Para a Floresta Atlântica de Tabuleiros, o cálcio foi o macronutriente que apresentou maior teor na estação seca (Tabela 8), já para a Tefrósia e a Mimosa, o nitrogênio foi superior. Tal fato é decorrente da idade das plantas (3 anos) e do tempo de acúmulo da serapilheira, além disso, o resultado era esperado, pelo fato de serem espécies leguminosas.

Tabela 8: Teores médios dos macronutrientes na serapilheira acumulada nas diferentes coberturas vegetais em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa)

Cobertura	g kg ⁻¹									
	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio	
Estação chuvosa										
Floresta	15,57	bA*	0,41	bA	0,85	bB	17,22	aA	2,70	bA
	(8,88)**		(20,70)		(32,14)		(7,67)		(14,61)	
Tefrósia	13,09	cB	0,41	bA	0,40	cB	9,93	bA	0,99	cA
	(16,33)		(20,78)		(17,62)		(14,12)		(9,11)	
Mimosa	20,51	aA	0,71	aA	1,71	aB	15,79	aA	3,8	aA
	(7,4)		(9,61)		(37,40)		(8,55)		(10,31)	
Estação seca										
Floresta	14,98	bA	0,42	bA	1,58	bA	16,30	aA	2,19	bB
	(3,05)		(5,41)		(3,29)		(3,52)		(2,93)	
Tefrósia	16,03	bA	0,41	bA	0,59	cA	10,55	cA	1,12	cA
	(2,85)		(8,65)		(5,05)		(8,42)		(3,35)	
Mimosa	21,14	aA	0,67	aA	2,55	aA	13,15	bB	3,28	aB
	(3,01)		(4,26)		(9,10)		(1,45)		(2,83)	

* As médias seguidas pela mesma letra em minúsculo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, considerando a mesma estação (avaliação das coberturas na mesma estação), já as médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade, considerando a mesma cobertura vegetal entre as estações

(avaliação da cobertura vegetal entre as estações). ** Coeficiente de variação entre as amostras (valor entre parênteses)

A ordem de grandeza dos teores de macronutrientes para serapilheira da Floresta de Tabuleiros foi: cálcio \equiv nitrogênio >>>>> magnésio >>> potássio > fósforo, assemelhando-se às sequências encontradas em estudos com *Mimosa scabrella* em área de mineração de bauxita (SOUZA; DAVIDE, 2001), *Sclerobium paniculatum* (leguminosa arbórea) (MOCHIUTTI; QUEIROZ; MELÉM JUNIOR, 2006) e com sistemas de restauração florestal em Linhares, ES (KLIPELL, 2011). Para ambas as leguminosas, a ordem de grandeza foi nitrogênio > cálcio > magnésio > potássio > fósforo, sendo semelhante ao encontrado em *Acacia mangium* por Balieiro et al. (2004) e em sistemas agroflorestais e Floresta de Tabuleiros, em Linhares (ES), por Ribeiro (2011). Insere-se, contudo, que os teores dos nutrientes estão intimamente relacionados à espécie (ou conjunto de espécies, no caso da floresta) e às condições edafoclimáticas impostas, o que influencia no metabolismo e na mobilidade dos elementos na planta (CALDEIRA et al., 2010), logo, refletindo nos processos de ciclagem de nutrientes das espécies.

Verifica-se que a serapilheira da *Mimosa velloziana* apresentou, de modo geral, os maiores teores de macronutrientes, e os da *Tephrosia candida*, os menores teores. Contudo, ainda de forma geral, são superiores aos encontrados em estudos com outras leguminosas, como *Acacia mangium* (BALIEIRO et al., 2004) e *Sclerobium paniculatum* (MOCHIUTTI; QUEIROZ; MELÉM JUNIOR; 2006).

O elevado teor de cálcio, especialmente na Floresta de Tabuleiros, deve-se ao fato do macronutriente ser um componente estrutural das células do tecido vegetal, tendendo assim a ser um dos últimos a ser liberado para o solo via decomposição da serapilheira (GODINHO, 2011). Segundo Clevelário Jr. (1996) o maior teor de cálcio pode ser decorrente da liberação mais lenta deste elemento pelo material recém-caído, da retranslocação de outros elementos antes da abscisão das folhas, da redução da massa das folhas antes da abscisão e/ou consequência da retenção de cálcio contido na chuva que atravessa o dossel na serapilheira.

Viera (2012) discute ainda que árvores com sistema radicular bem desenvolvido absorvem o cálcio em maiores profundidades e o devolvem via

serapilheira, na superfície do solo, melhorando a fertilidade, uma vez que disponibilizam este elemento para ser reabsorvido pelas raízes finas que permeiam a camada de serapilheira acumulada ou estão na camada mais superficial do solo.

A variabilidade dos teores de potássio na serapilheira entre as épocas de avaliação, sendo o seu teor menor no período chuvoso, relaciona-se com a variação da precipitação pluviométrica e sua alta suscetibilidade à lixiviação via lavagem de folhas e de serapilheira, pelo potássio não participar de compostos orgânicos, ocorrendo na forma solúvel ou dissolvido no suco celular (MARSCHNER, 1997; PAGANO; DURIGAN, 2000; GODINHO, 2011).

Para os micronutrientes (Tabela 9), o manganês, em todas as coberturas em estudo apresentou o maior teor, conforme evidenciado também por Vieira et al. (2010) em floresta estacional decidual, Vieira e Schumacher (2010) em *Pinus taeda*, e Godinho (2011) em floresta estacional semidecidual submontana.

Tabela 9: Teores médios dos micronutrientes na serapilheira acumulada nas diferentes coberturas vegetais em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa)

Cobertura	Zinco		Manganês		Cobre		Boro	
	mg kg ⁻¹							
Estação chuvosa								
Floresta	27,46 (15,82)**	abA*	231,36 (13,2)	aA	6,24 (10,28)	aA	80,46 (22,16)	aA
Tefrósia	33,51 (25,87)	aA	56,13 (8,52)	bA	5,16 (21,26)	aA	38,20 (11,45)	cB
Mimosa	24,63 (12,75)	bA	70,50 (9,04)	bA	4,89 (13,53)	bA	54,34 (7,92)	bA
Estação seca								
Floresta	23,03 (2,77)	abB	184,74 (1,63)	aA	5,46 (9,56)	aA	75,11 (3,62)	aA
Tefrósia	26,14 (2,95)	aB	74,43 (1,62)	bA	5,11 (4,42)	abA	53,64 (5,09)	bA
Mimosa	21,15 (4,68)	bB	70,50 (3,40)	bA	4,90 (11,99)	bA	54,02 (3,13)	bA

* As médias seguidas pela mesma letra em minúsculo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, considerando a mesma estação (avaliação das coberturas na mesma estação), já as médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade, considerando a mesma cobertura vegetal entre as estações (avaliação da cobertura vegetal entre as estações). ** Coeficiente de variação entre as amostras (valor entre parenteses)

A ordem de grandeza decrescente é constituída por manganês > boro > zinco > cobre. Este resultado também foi encontrado na Floresta Estacional em Cachoeiro do Itapemirim, ES, e na Floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, nos estudos de Godinho (2011) e Viera et al. (2010), respectivamente.

Quanto ao conteúdo de macronutrientes (Tabela 10), a vegetação de *M. velloziana* destacou-se pelos elevados valores, possuindo conteúdo superior em todos os nutrientes perante *Tephrosia candida*, sendo semelhante na estação chuvosa e inferior na estação seca, apenas para o cálcio na Floresta. Tal fato é devido ao elevado acúmulo de serapilheira pela espécie e pelos elevados teores dos nutrientes.

Tabela 10: Conteúdo dos macronutrientes na serapilheira acumulada as diferentes coberturas vegetais em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa)

Cobertura	kg ha ⁻¹				
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Estação chuvosa					
Floresta	124,37 ^{bA*}	3,31 ^{bA}	6,81 ^{bB}	137,58 ^{aA}	21,88 ^{bA}
Tefrósia	104,56 ^{cB}	3,26 ^{bA}	3,16 ^{cB}	79,33 ^{bA}	7,92 ^{cA}
Mimosa	163,83 ^{aA}	5,67 ^{aA}	13,66 ^{aB}	126,16 ^{aA}	30,35 ^{aA}
Estação seca					
Floresta	119,65 ^{bA}	3,37 ^{bA}	12,66 ^{bA}	130,24 ^{aA}	17,53 ^{bB}
Tefrósia	128,04 ^{bA}	3,31 ^{bA}	4,71 ^{cA}	84,27 ^{cA}	8,92 ^{cA}
Mimosa	168,86 ^{aA}	5,37 ^{aA}	20,39 ^{aA}	105,11 ^{bB}	26,20 ^{aB}

* As médias seguidas pela mesma letra em minúsculo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, considerando a mesma estação (avaliação das coberturas na mesma estação), já as médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade, considerando a mesma cobertura vegetal entre as estações (avaliação da cobertura vegetal entre as estações).

Os conteúdos encontrados neste estudo estão inferiores aos encontrados por Ribeiro (2011) em área de Floresta de Tabuleiros em Linhares, ES, principalmente pela elevada biomassa de serapilheira encontrada no fragmento florestal estudado pelo autor (16 Mg ha⁻¹), o qual verificou para conteúdos de nitrogênio (327,82 kg ha⁻¹), fósforo (19,19 kg ha⁻¹), potássio (38,67 kg ha⁻¹), cálcio (194,66 kg ha⁻¹) e magnésio (78,88 kg ha⁻¹). Contudo, os valores são próximos aos conteúdos verificados por Godinho (2011) em Floresta Estacional em Cachoeiro do Itapemirim, ES, aos de Klippel (2011) em

sistemas de restauração florestal em Linhares, ES e aos de Vogel e Schumacher (2010) em Floresta Estacional Semidecidual em São Gabriel, RS.

O micronutriente que apresentou o maior conteúdo da serapilheira acumulada foi o manganês (Tabela 11), chegando a 1,85 kg ha⁻¹, na área de Floresta de Tabuleiros. De maneira geral, assim como ocorreu para os teores, o conteúdo de micronutrientes foi superior na Floresta, resultado de uma biomassa formadora de serapilheira diversificada nesse sistema.

Tabela 11: Conteúdo dos micronutrientes na serapilheira acumulada nas diferentes coberturas vegetais em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa)

Cobertura	Zinco		Manganês		Cobre		Boro	
	kg ha ⁻¹							
Estação chuvosa								
Floresta	0,22	abA*	1,85	aA	0,05	aA	0,67	aA
Tefrósia	0,27	aA	0,45	bA	0,04	bA	0,31	cB
Mimosa	0,19	bA	0,56	bA	0,04	bA	0,43	bA
Estação seca								
Floresta	0,18	abB	1,48	aA	0,05	aA	0,60	aA
Tefrósia	0,21	aB	0,59	bA	0,04	bA	0,43	bA
Mimosa	0,17	bB	0,56	bA	0,04	bA	0,43	bA

* As médias seguidas pela mesma letra em minúsculo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, considerando a mesma estação (avaliação das coberturas na mesma estação), já as médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade, considerando a mesma cobertura vegetal entre as estações (avaliação da cobertura vegetal entre as estações).

Os conteúdos de micronutrientes encontrados são semelhantes aos dos estudos de Borém e Ramos (2002), em Floresta Ombrófila Densa no Silva Jardim, RJ, aos de Caldeira et al. (2008), em Floresta Ombrófila Mista e aos de Klipell (2011), sendo inferior aos de Caldeira et al. (2007) em Floresta Ombrófila Mista em General Carneiro, PR, demonstrando assim, a variação dos conteúdos conforme as condições do sítio e das espécies presentes.

De maneira geral, a Floresta de Tabuleiros apresentou os maiores teores e conteúdos de micronutrientes na serapilheira acumulada, possivelmente pela diversidade de espécies que compõem a área, possuindo assim, materiais vegetais de diferentes composições químicas. Contudo, ambas as leguminosas apresentaram valores semelhantes, tendendo a uma homogeneidade nutricional do material presente na serapilheira acumulada.

Os conteúdos dos macronutrientes e dos micronutrientes variaram pouco entre as estações de coleta, corroborando com Borém e Ramos (2002) que observaram este comportamento especialmente quanto aos micronutrientes.

4.3 NUTRIENTES NO SOLO

A qualidade do solo, especialmente quanto aos atributos químicos, é fator preponderante para a avaliação dos processos ecológicos e de áreas em recuperação. Neste contexto, na Tabela 12 é apresentado as características químicas do solo sob a Floresta de Tabuleiros e sob as leguminosas, *Tephrosia candida* e *Mimosa velloziana*.

Tabela 12: Valores médios dos atributos químicos do solo, nas profundidades de 0 – 5 cm, 5 – 15 cm e 15 – 30 cm, nas áreas em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa)

Cobertura	NT*	P		K	Ca		Mg	M.O.	pH	Al	H+Al	CTC	S.B.	V										
	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³			cmol dm ⁻³			g kg ⁻¹		Cmol _c dm ⁻³					%									
Profundidade 0 - 5 cm																								
Floresta	2,71	aA**	2,61	bA	20,40	cA	2,00	cA	0,57	bA	41,11	aA	4,90	bA	0,34	aA	4,17	aA	6,83	aA	2,65	cA	39,51	bA
Tefrósia	2,01	bA	4,07	aA	49,60	bA	4,05	aA	1,15	aA	29,53	bA	6,82	aA	0,00	bA	1,59	bA	6,94	aA	5,43	aA	76,83	aA
Mimosa	1,96	bA	3,62	aA	81,60	aA	3,02	bA	1,07	aA	26,81	bA	6,81	aA	0,00	bA	1,46	bA	5,58	bA	4,11	bA	73,86	aA
Profundidade 5 - 15 cm																								
Floresta	1,98	aB	1,92	bB	14,00	bA	0,72	bB	0,24	bB	24,72	aB	4,65	bB	0,29	aA	3,69	aA	4,71	aB	1,01	bB	22,55	bB
Tefrósia	1,84	aB	3,62	aB	31,60	abB	3,13	aB	0,94	aB	22,08	aB	6,51	aB	0,00	bA	1,26	bA	5,43	aB	4,16	aB	76,53	aA
Mimosa	1,81	aB	2,64	aB	43,80	aB	2,72	aA	0,86	aB	22,71	aB	6,62	aB	0,00	bA	1,43	bA	5,28	aA	3,85	aA	73,09	aA
Profundidade 15 - 30 cm																								
Floresta	1,14	aC	1,25	aC	14,20	bA	0,30	bB	0,12	bB	14,77	aC	4,59	bB	0,10	bA	3,67	aA	4,16	aB	0,48	bC	12,54	bC
Tefrósia	1,40	aC	1,43	aC	23,80	aC	1,87	aC	0,56	aC	12,25	aC	6,18	aB	0,00	bA	1,20	bA	3,71	aC	2,50	aC	67,43	aB
Mimosa	1,28	aC	0,95	aC	30,40	aC	1,70	aB	0,71	aC	11,42	aC	6,19	aB	0,00	bA	1,41	bA	3,98	aB	2,57	aB	64,65	aB

* Nitrogênio total do solo (NT), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Matéria Orgânica do solo (M.O.), pH em água (pH), Alumínio trocável (Al), Acidez potencial (H+Al), Capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC), Soma de Bases (S.B.) e saturação por Bases (V).** As médias seguidas pela mesma letra em minúsculo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, considerando a mesma profundidade (avaliação das coberturas na mesma profundidade), já as médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, considerando a mesma cobertura vegetal entre as profundidades (avaliação da cobertura vegetal em profundidade).

Os maiores teores de nutrientes estão contidos na camada superficial do solo, onde ocorre a deposição, acúmulo e decomposição do material vegetal senescente aliado à presença maciça da fauna decompositora e atuante no solo, nas suas mais diversas funções (GARAY; KINDEL; JESUS et al., 1995, KINDEL; GARAY, 2002). Este fato é consistente a tal ponto, de se verificar, para a Floresta de Tabuleiros, que cerca de 70% do estoque total de raízes finas se encontram nas camadas superficiais (GARAY; NORONHA; MORAES, 2008), sendo estas, as principais responsáveis pela absorção e nutrição da planta.

Verifica-se, de maneira geral, que o solo sob a Floresta de Tabuleiros apresenta os menores teores de nutrientes, pH mais ácido, menor saturação por bases, contudo maior teor de matéria orgânica, de alumínio e de nitrogênio total, especialmente na camada superficial de 0 a 5 cm. Garay et al. (2004) salienta que os solos dos Tabuleiros Costeiros são pobres em nutrientes, com horizonte superficial arenoso, pouco apto a retenção e nutrientes. Os autores salientam ainda, que a cobertura vegetal pode vir a cumprir um papel essencial tanto na manutenção da estrutura como na fertilidade destes solos, por causa notadamente das cargas remanescentes dos coloides orgânicos que facilitam a formação dos agregados e a retenção dos nutrientes.

De acordo com as recomendações de Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999), verifica-se que em todas as áreas os teores de fósforo encontram-se abaixo dos limites ideais, que é de 5 mg dm^{-3} . Já os teores de potássio, cálcio, magnésio, saturação por bases e CTC estão em níveis médios. A Soma de bases, na área sob as leguminosas encontra-se média, e baixa na Floresta.

O teor de nitrogênio total no solo e de matéria orgânica, na camada superficial foi superior na área sob floresta, sendo semelhante estatisticamente entre as leguminosas. O mesmo foi verificado por Lopes et al. (2006) para as leguminosas *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Clitoria fairchildiana*, em relação à floresta. Em profundidade, ocorreu redução do teor, contudo não foi verificada diferenciação estatística entre as coberturas. Este fato ocorre especialmente pela maior diversidade de material formador da serapilheira acumulada sob o solo na floresta, o qual irá se decompor de forma diferenciada ao longo do tempo (CARDOSO et al., 2010); alia-se ao período de atuação e contato deste material orgânico com o solo, além do pH encontrar-se mais ácido, reduzindo

assim, a atividade da biota decompositora (RIBEIRO, 2011). Camargo et al. (1999) sugerem que mais de 95% do nitrogênio presente no solo se encontra na forma orgânica, logo, o elevado teor de matéria orgânica na camada de 0 -5 cm justifica esse maior valor do nitrogênio total na área sob floresta.

Quanto ao teor de matéria orgânica em Florestas de Tabuleiros, Ribeiro (2011) encontrou 22,03 g kg⁻¹ em Linhares (ES); Kindel et al. (1999), Kindel e Garay (2001) e Sá, Pereira e Fontana (2003) verificaram 31,8 g kg⁻¹, 20,86 g kg⁻¹ e 32,03 g kg⁻¹ em Sooretama (ES), respectivamente; e Fontana et al. (2001) mensuraram 13,10 g kg⁻¹ em Campos dos Goytacazes (RJ). Estas diferenças refletem a heterogeneidade da Floresta de Tabuleiros.

Costa et al. (1998), trabalhando em sítios degradados por exploração de bauxita na Floresta Amazônica, em Oriximiná, PA, verificaram que mesmo após dez anos do replantio o carbono orgânico foi menor do que os valores encontrados na floresta nativa intacta. Tais dados indicam a dificuldade na recuperação da matéria orgânica no solo.

A presença do alumínio, não alterou o desenvolvimento da vegetação e a produção de biomassa na área de floresta de Tabuleiros. Resultado semelhante foi observado por Ribeiro (2011) e Sá, Pereira e Fontana (2001) na região de Linhares, ES. Segundo Hartwig et al. (2007), a exsudação de ácidos orgânicos ativados pela presença de alumínio no ápice da raiz de espécies tolerantes é o principal mecanismo de tolerância das plantas ao alumínio no solo.

O pH ácido do solo sob floresta, com valor inferior ao das demais coberturas vegetais tem relação com a maior acidez trocável, maior teor de M.O. e ausência de práticas corretivas. Os maiores teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo foram observados nas áreas de leguminosas. Verifica-se que o valor equiparado da CTC potencial (T) entre as coberturas, sendo maior para a floresta em função do alto valor de H+Al. Tal fato indica que a área com floresta apresenta material orgânico mais humificados, com predomínio de grupamentos ácidos húmicos característica de acidez.

O fósforo apresentou os maiores valores nas áreas com leguminosas. Tal fato pode ser efeito da fertilização aplicada no plantio das espécies, aliado à maior decomposição do material vegetal presente no solo, e sua ciclagem no ecossistema (NOVAIS; SMYTH; NUNES, 2007).

O maior teor de potássio na área sob Mimosa se deve principalmente ao elevado teor deste nutriente na serapilheira acumulada sob o solo, esta relação também foi observada por Alcântara et al. (2000) com *Cajanus cajan*. Segundo Ernani, Almeida e Santos (2007) o potássio é facilmente lavável do material vegetal para o solo, através da precipitação.

Avaliando o efeito de leguminosas nas características químicas de um Luvissole degradado em Alagoinha, PB, Nascimento et al. (2003) verificaram efeitos significativos das leguminosas sobre a fertilidade do solo, com incrementos significativos de pH e de cátions trocáveis, refletindo positivamente na CTC. Alcântara et al. (2000) também observaram melhorias na qualidade química do solo com a utilização de leguminosas de cobertura.

Ikpe et al. (2003) estudaram, no sudoeste da Nigéria, em um Argissolo, os efeitos do pousio de uma área com a Tefrósia. Os autores observaram que após dois anos, o pousio com Tefrósia apresentou a maior produção de biomassa acima do solo e de serapilheira, e um maior acúmulo de nutrientes (nitrogênio, fosforo, potássio, cálcio e magnésio). Além disso, verificaram uma melhoria na qualidade do solo com aumento, na camada superficial, dos teores de nitrogênio e matéria orgânica.

Em estudo avaliando sistemas de restauração florestal em área adjacente à deste estudo, Klipell (2011) observou valores médios dos atributos químicos do solo inferiores aos observados para as espécies de leguminosas. Merecendo destaque a superioridade nos teores de potássio, cálcio e magnésio, o que refletiu numa ascensão do valor da saturação por bases (55,48 % versus 75,34 %) na área sob leguminosas. Evidencia-se assim, a melhoria da qualidade do solo proporcionada pela inserção inicial de espécies leguminosas de cobertura, além disso, tais espécies, potencialmente, apresentam funções como de reduzir os processos erosivos, manutenção da umidade solo, melhoria na agregação do solo e aumento da taxa de infiltração de água do solo (SOUZA et al., 2008).

De acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999), os teores de ferro (Tabela 13), entre as camadas de 0 -15 cm nas áreas sob leguminosas encontra-se baixo, já na camada de 15 – 30 cm para as leguminosas e em todo o perfil do solo sobre a Floresta, o teor de ferro é médio. Esta verificação na área florestal, deve-se ao fato, substancialmente, da presença de serapilheira

com diferentes composições químicas, o que fornece ao solo, pela sua decomposição, uma serapilheira mais rica nutricionalmente com o tempo.

Tabela 13: Teores médios dos micronutrientes do solo, nas profundidades de 0 – 5 cm, 5 – 15 cm e 15 – 30 cm, nas áreas em estudo (Floresta de Tabuleiros e leguminosas – tefrósia e mimosa)

Cobertura	Fe		Cu		Zn		Mn		B	
	mg dm ⁻³									
Profundidade 0 - 5 cm										
Floresta	28,95	aA*	1,32	cA	1,05	cA	14,77	bA	0,32	aA
Tefrósia	8,85	bB	3,52	aA	1,33	aA	27,24	aA	0,18	bA
Mimosa	9,66	bB	2,11	abA	1,42	bA	25,07	aA	0,14	bA
Profundidade 5 - 15 cm										
Floresta	22,65	aA	0,62	bB	0,67	bB	5,34	bB	0,26	aB
Tefrósia	10,60	aB	1,86	aB	0,95	aB	20,17	aB	0,15	bB
Mimosa	15,05	aB	1,50	aB	0,87	aB	22,30	aB	0,14	bB
Profundidade 15 - 30 cm										
Floresta	22,01	aA	0,30	aB	0,48	aB	2,36	bC	0,28	aB
Tefrósia	25,33	aA	0,67	aB	0,51	aC	12,70	aC	0,12	bB
Mimosa	29,66	aA	0,41	aB	0,49	aC	11,98	aC	0,12	bB

* As médias seguidas pela mesma letra em minúsculo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, considerando a mesma profundidade (avaliação das coberturas na mesma profundidade), já as médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, considerando a mesma cobertura vegetal entre as profundidades (avaliação da cobertura vegetal em profundidade).

Ainda segundo Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999), o teor de cobre na camada superficial é considerado bom para a floresta e alto para as leguminosas, na camada de 5 – 15, é bom nas leguminosas e baixo na floresta, sendo baixo também em todas as coberturas na profundidade de 15 – 30 cm. Para o zinco os teores são considerados médios na camada superficial e baixo nas camadas de 5 – 15 cm em todas as coberturas em estudo. O teor de manganês é considerado alto em todas as profundidades sob o solo das leguminosas, já na Floresta, é considerado alto apenas na camada de 0 – 5 cm, e na camada de 5 – 15 cm é avaliado como médio. Já os teores de boro, são qualificados como baixo em todas as áreas. Tais resultados demonstram a influência das coberturas vegetais nos teores dos micronutrientes do solo.

Verifica-se uma equiparação das leguminosas quanto a sua influência na qualidade do solo, no que tange a inserção e ciclagem de nutrientes. Contudo, insere-se que o tempo de contato e de permanência da vegetação com a área ainda é incipiente (apenas três anos em pousio) ocorrendo

gradativamente mudanças nas características edáficas e biológicas das áreas no decorrer do tempo.

Sugere-se para complementação deste estudo, a avaliação dos atributos biológicos do solo, como a biomassa microbiana, focando os teores de nitrogênio no solo. Salienta-se ainda, a importância e a necessidade de estudar as características ecológicas das espécies, como período de floração e frutificação, assim como a serapilheira depositada e sua decomposição. Alia-se a estes estudos, a caracterização dos componentes químicos da serapilheira e dos compartimentos da biomassa acima do solo, como a lignina, polifenóis e celulose. A concatenação de todos estes dados, fornecerão suporte futuro à escolha das espécies mais adaptadas aos locais de interesse quanto a sua inserção.

4.4 BALANÇO DE NUTRIENTES NAS LEGUMINOSAS

A biomassa aérea e o acúmulo de serapilheira, com os seus conteúdos de nutrientes, são um dos principais componentes do balanço nutricional em um ecossistema (BRUN; SCHUMACHER; CORREA, 2011), conforme observado nestas áreas em estudo com leguminosas (Tabela 14).

Tabela 14: Estoque de nutriente no solo (camada de 0 - 30 cm) e na vegetação (biomassa acima do solo e serapilheira), e balanço nutricional nas leguminosas

Cobertura	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Cu	B
	kg ha ⁻¹							
Estoque no solo								
Tefrósia	3,83	45,29	783,07	138,99	3,03	30,06	3,03	0,23
Mimosa	2,89	64,07	666,72	145,09	2,01	29,19	2,01	0,19
Estoque vegetal								
Tefrósia	18,55	146,39	286,31	51,28	0,70	0,77	0,11	1,54
Mimosa	20,17	138,79	185,01	37,31	0,50	0,82	0,08	1,01
Balanço de nutrientes								
Tefrósia	-14,71	-101,09	496,80	87,72	2,32	29,28	2,92	-1,31
Mimosa	-17,28	-74,71	481,70	107,80	1,51	28,36	1,93	-0,83

Verifica-se que para os nutrientes fósforo, potássio e boro, o grande estoque encontra-se alocado na biomassa acima do solo e na serapilheira

acumulada das leguminosas, enquanto que para o cálcio, magnésio, zinco, manganês e cobre encontra-se no solo este reservatório. Tal resultado, é semelhante ao observado por Gama-Rodrigues et al. (2008) no balanço nutricional dos macronutrientes em espécies nativas diversas em Porto Seguro (BA), num argissolo amarelo. O balanço negativo para os nutrientes fósforo, potássio e cálcio também foi constatado por Zaia e Gama-Rodrigues (2004) com *Eucalyptus camaldulensis* em argissolo amarelo no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

As causas do balanço nutricional do ecossistema sere negativos ou positivos para o solo, estão relacionados aos processos de retranslocação de nutrientes no interior da planta (ciclagem bioquímica); a velocidade e forma de liberação dos nutrientes pela decomposição da serapilheira; à utilização em maior ou menor escala do nutriente pela vegetação; aos processos de imobilização e mineralização do solo; dentre outros (SAMPAIO et al., 2003; ZAIA; GAMA-RODRIGUES, 2004; DANG, 2005; GAMA RODRIGUES; GAMA RODRIGUES; BARROS, 2008; FERREIRA et al., 2011;)

Segundo Gama-Rodrigues et al. (2008), quando as reservas da vegetação são maiores que as do solo, pode-se concluir que o desenvolvimento do sistema radicular é pobre e que a vegetação se desenvolve “sobre o solo” e não “no solo”, mediante a interação raiz-serapilheira. Indicativo assim, de pobreza nutricional do solo, conforme já descrito por Garay et al. (2004) nas áreas dos Tabuleiros Costeiros.

Verifica-se assim que as leguminosas apresentaram equiparação quanto ao balanço de todos os nutrientes.

5 CONCLUSÕES

A leguminosa *Tephrosia candida* apresentou maior produção de biomassa acima do solo, e a ordem de locação foi composta por galhos com diâmetro maior que 2 cm > galhos com diâmetro menor que 2 cm > folhas > galhos secos.

A leguminosa *Mimosa velloziana* teve 66% da sua biomassa acima do solo alocado nos ramos, seguido de folhas e ramos secos.

Os maiores teores de nutrientes (macro e micronutrientes) foram encontrados nas folhas de ambas leguminosas, confirmando o potencial deste órgão na ciclagem de nutrientes.

A serapilheira acumulada não apresentou variação entre as estações seca e chuvosa. A leguminosa *Mimosa velloziana* proporcionou um maior acúmulo de biomassa de serapilheira.

A ordem decrescente de grandeza dos teores de nutrientes, de forma geral, foi condicionada em nitrogênio > cálcio > magnésio > potássio > fósforo > manganês > boro > zinco > cobre.

O solo sob a Floresta de Tabuleiros apresentou-se mais pobre nutricionalmente que o solo das leguminosas, apresentando, porém, maiores teores de matéria orgânica e nitrogênio total no solo. As leguminosas equipararam-se quanto a fertilidade do solo em seu local de inserção.

De maneira geral, quanto aos indicadores avaliados, ambas as leguminosas se assemelharam. Insere-se que ambas apresentam características particulares (como estrutura e desenvolvimento), devendo ser observado de maneira holística sua inserção em projetos de recuperação de áreas, exibindo, contudo, um grande potencial para tal finalidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p. 277-288, 2000
- ALVES, S. J.; RICCE, W. S. Estudos de espaçamentos para *Tephrosia candida*. **Floresta**, v. 36, n. 3, set./dez. 2006.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.47-54, 2000
- AMADALO, B.; JAMA, B.; NIANG, A.; NOORDIN, Q.; NYASIMI, M.; PLACE, F.; FRANZEL, S.; BENIEST, J. **Improved fallows for western Kenya: an extension guideline**. Nairobi: World Agroforestry Centre. 2003. 56p.
- ANDRADE, F. N.; PEREZ, D. V.; GARAY, I. Heterogeneidade interna de fragmentos florestais: o impacto antrópico sobre as características do solo em remanescentes de Floresta Atlântica de Tabuleiros, Sooretama, ES. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 7, Caxambu, 2003. **Anais...** Caxambu:SEB, 2p. 2003
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura de inverno e da adubação orgânica e, ou mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 587-865, out./dez. 2000.
- ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S.. Produção e decomposição de serrapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Árvore**, v.27, n.5, p.715-721, 2003.
- ARAÚJO, P. S. G. **Manejo do solo com flemingia (*Flemingia macrophylla* (Willd.) Merr.) e tefrósia (*Tephrosia candida* (Roxb.) DC.) em latossolo amarelo na Amazônia Central**. Manaus, AM: UFAM, 2007. 88 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia) – Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas, 2007.
- ARAÚJO, A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. Uberlândia. **Bioscience Journal**. v.23, n.3. p. 66-75, 2007.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L.; Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.187-206, 2012.
- ARRUDA, M. R.; COSTA, J. R. **Importância e alguns aspectos no uso de leguminosas na Amazônia..** Manaus : Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 40 p.
- BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A. Exportação de nutrientes na exploração de bracingais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 34, p. 3-15, 1997
- BAIJUKYA, F.P.; RIDDER, N.; GILLER, K.E. Managing legume cover crops and their residues to enhance productivity of degraded soils in the humid tropics: a

case study in Bukoba District, Tanzania. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** v.73, n.1, p. 75 – 87, 2005

BALIEIRO, F.C.; FRANCO, A.A.; PEREIRA, M.G.; CAMPELLO, E.F.C.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M.; ALVES, B.J.R. Dinâmica de serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo em plantios de *Pseudosamanea guachapele* and *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.6, p.597-601, 2004.

BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, I. A.; MENDOZA, E.; DUBOC, E.; BARREIROS, R. M.; CORRÊA, F. M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu – São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 219-277, 2004.

BORÉM, R.A.T.; RAMOS, D.P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. **Cerne**, v.8, n.2, p.42-59, 2002.

BRUN, E. J.; BRUN, F. G. K.; Corrêa, R. S. S.; Vaccaro, S.; Schumacher, M. V. Dinâmica de micronutrientes na biomassa florestal em estágios sucessionais de Floresta Estacional Decidual, RS, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 307-318, 2010

BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V.; CORREA, R. S. Inventário de biomassa e nutrientes em florestas secundárias de Santa Tereza. In: SCHUMACHER, M. V. In: LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; KILCA, R. V. **A floresta estacional subtropical**: Caracterização e ecologia no rebordo do Planato Meridional. Santa Maria: [s.n.]. p. 239-248. 2011

BURGER, J.A.; KELTING, D.L. Using soil quality indicators to assess Forest stand management. **Forest Ecology Management**, v.122, p.155-166, 1999.

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

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V.; SPATHELF, P. Conteúdo e exportação de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na em acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) procedência Lake George Bunge Dore - Austrália. **Floresta**, v. 31, n.2, p. 99-104, 2001a.

CALDEIRA, M. V. W.; SAIDELLES, F. L. F.; SCHUMACHER, M. V.; GODINHO, T. O. Biomassa de povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild., Rio Grande do Sul, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 39, p. 133-141, 2011.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; RODRIGUES, L. M. Teor e redistribuição de nutrientes nas folhas e nos galhos em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. (Acácia-negra). **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.45, p. 69-88, 2002.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; RONDON NETO, R. M. Quantificação da biomassa acima do solo de *Acacia mearnsii* De Wild., procedência Batemans Bay - Austrália. **Ciência Florestal**, v. 11, n.2, p. 79-91, 2001b

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SANTOS, E. M. dos. Conteúdo de nutrientes em uma procedência de *Acacia mearnsii* plantada no Rio Grande do Sul - Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 42, p. 105-121, 2001c.

- CALDEIRA, W. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; VIERIA, 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.; CALDEIRA, M. V. W.; BAUER, M. O. **Tópicos em Ciências Florestais**. Alegre:Superema. 1ed. p. 57-82, 2010
- CALDEIRA, M. V. W.; SOARES, R. V.; MARQUES, R.; WISNIEWISK, C. Biomassa e nutrientes em *Myrsine ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez e *Myrsine umbellata* Mart. **Floresta**, v. 33, n.3, p. 265-273, 2003.
- CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADT, S.S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, p.53-68, 2008.
- CAMARGO, F.A.C.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre, Genesis, p.117-137, 1999
- CAMPANHARO, W A ; SPERANDIO, H. V. ; CECILIO, R. A. ; GUARIZ, H R ; HOLLANDA, M P D ; CARO, C.F. . Qualidade Física Do Solo Nas Entrelinhas De Três Diferentes Plantios. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, p. 2742-2745, 2009.
- CARAVACA, F.; ALGUACIL, M. M; FIGUEROA, D.; BAREA, J. M.; ROLDÁN, A. Re-establishment of *Retama sphaerocarpa* as a target species for reclamation of soil physical and biological properties in a semi-arid Mediterranean area. **Forest Ecology and Management**. v. 182, n. 1–3, p. 49–58, 2003
- CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L.; SILVA, C. A.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.9, p.1028-1035, 2010
- CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D. A. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 35, n. 2, 2011.
- CARVALHO, F. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em floresta de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze no Estado de São Paulo**. 2005. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.
- CARVALHO, J.O.M.; BARROSO, G.R.P.; SANTOS, M.R.A.; FERREIRA, M.G.R.; RODRIGUES, C.D.S. **Teor de macronutrientes e produção de biomassa de adubos verdes em Rondônia, Brasil**. Revista Brasileira de Agroecologia. v.2, n. 2, p. 1099- 1102, 2007
- CARPANEZZI, A.A.; COSTA, L.G.S.; KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: a observação de laboratórios naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: SBS, 1990. v.3, p.216-221.

- CLEVELÁRIO 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, 1996.
- COSTA, G. S.;FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.;FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p.919-927, 2004
- COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUZA, D. M. G. de. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1185- 1191, 2006.
- CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within amazonian forest ecosystems. In: Nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization. **Dodecologia**, v. 68, p. 446-472, 1986
- DANG, M. V. Soil–plant nutrient balance of tea crops in the northern mountainous region, Vietnam. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 105, p. 413–418. 2005.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do solo**. Viçosa:SBSCS. P. 91-132. 2007
- DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; FRANCO, A. A. **Leguminosas arbóreas introduzidas em pastagem**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.1, p.119-126,. 2007
- DICKOW, K. M. C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR**. 2010. 215p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2010
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, v.35, p.3-22, 1994
- 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.
- DOURADO, M. C.; SILVA, T. R. B.; BOLONHEZI, A. C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 287-293, 2001
- DRUMOND, M. A.; BARROS, N. F. de; SOUZA, A. L. de; SILVA, A. F. da; TEIXEIRA, J. L. Composição mineral e demanda nutricional de espécies florestais da Mata Atlântica. **Árvore**, v. 21, n. 1, p. 1-10, 1997.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 401 p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1997.

- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa informação Tecnológica, 2009. 627p.
- FANG, W.; PENG, S.L. Development of species diversity in the restoration process of establishing a tropical man-made forest ecosystem in China. **Forest Ecology and Management**, v. 99, p. 185-196. 1997.
- FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M. and LEAO, P. C. S.. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n.4, p. 641-648. 2004
- FARIA, F. G.; SANTOS, A. C.; SANTOS, T. M.; BATISTELLA FILHO, F. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na bacia do rio Araguaia, Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, 2010.
- FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L. M.; ALVARENGA, R. C.; NEVES, J. C. L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n.1, p. 171-177, 2000
- FERREIRA, E. V. O.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, H.; MARTINS, A. P.; CARVALHO, P. C. F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p.161-169, 2011.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G.F.; SCHAAF, L.B.; FIGUEIREDO, D.J. Avaliação Estacional da Deposição de Serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista Localizada no Sul do Paraná. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, p.11-18, 2003.
- FRANCO, A. A.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M.de; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, E. M. R. da. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro. p. 459-467, 1995.
- FRANCO, A. A.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C. Importância das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003, Campo Grande, MS. **Palestras...** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Corumbá: Embrapa Pantanal, 24p. 2003.
- FONTANA, A. ; PEREIRA, M. G. ; NASCIMENTO, G. B.; ANJOS, L. H. C. ; EBELING, A. G. Matéria orgânica em solos de tabuleiro na região norte fluminense. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n.1, p. 114-119, 2001.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1165-1179, 2008.
- GARAY, I.; KINDEL, A.; JESUS, R. M. Diversity of humus forms in Atlantic Forest ecosystems (Brazil). The Table-land Atlantic Forest. **Acta Oecologica**, v.16, p.553-570, 1995.

GARAY, I.; KINDEL, A.; LOUZADA, M. A. P.; SANTOS, R. D. Diversidade funcional dos solos na Floresta Atlântica de Tabuleiros. In: GARAY, I.; RIZZINI, C. M. **A Floresta Atlântica de Tabuleiros: Diversidade Funcional da cobertura arbórea**. Petrópolis:Vozes. 2.ed. 255p. 2004

GARAY, I.; NORONHA, F.; MORAES, V. R. Raízes finas nos horizontes do topo do solo em relação a atividades extrativistas em fragmentos de Floresta Atlântica de Tabuleiros, em Sooretama, ES. **Floresta e ambiente**. v.15, n.1, p. 34 - 48, 2008

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.

GIANELLO, C.; BREMNER, J.M. Comparison of chemical methods of assessing potentially available organic nitrogen in soil. **Communication Soil Science Plant Analysis**, v. 17, p.216-236, 1986

GICHURU, M.P. Residual effects of natural bush, *Cajanus cajan* and *Tephrosia candida* on the productivity of an acid soil in southeastern. **Plant and Soil**, v. 134, n. 1, p. 31-36. 1991.

GODINHO, T. O. **Quantificação de biomassa e de nutrientes na serapilheira em trecho de floresta estacional semidecidual submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES**. Jerônimo Monteiro, ES: UFES, 2011. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

GOMES, M.A.F., FILIZOLA, H.F. **Indicadores Físicos e Químicos de Qualidade de Solo de Interesse Agrícola**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente. 2006. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Gomes_Filizola_indicadores/D-u1keja1HAN.pdf> acesso em 01 dez 2012.

GOMES, T.C. de A. ; MORAES, R.N. de S. **Recomendações para o plantio de espécies leguminosas para o manejo de solos no Acre**. 1997. Embrapa. Rio Branco, Acre. (EMBRAPA ACRE. Comunicado Técnico, 77). 3p.

GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. p. 221-267.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 01-58. 2000

HERRERA, R. et al. Amazon ecosystems: their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. **Interciência**, v 3, p. 223-232. 1978

IAREMA, A. A.; FONTE, L. E. F.; FERNANDES, R. B. A.; SCHAEFER, C. E. G. R.; PEREIRA, L. C. Qualidade física e química do solo em áreas de exploração florestal no Mato Grosso. **Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, s.1, p. 737-744. 2011.

IBGE. **Manual técnico da Vegetação Brasileira**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. IBGE: Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <

ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf> acesso em 20 mar 2013.

IKPE, F.N.; OWOEYE, L.G.; GICHURU, M.P. Nutrient recycling potential of *Tephrosia candida* in cropping systems of southeastern Nigéria. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 67: p.129–136. 2003.

INFORZATO, R. Estudo do sistema radicular de *Tephrosia candida* D. C. **Bragantia**, v. 7, n. 2, p. 49-54, 1947.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R. H. S.; FARDIM, M. P.; PONTES, T. M.; SARMIENTO, F. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. **Árvore**, v. 32, n.5, p. 869-877, 2008

JESUS, R. M. de; ROLIM, S. G. **Fitossociologia da Mata Atlântica de Tabuleiro**. Viçosa: SIF, Boletim técnico SIF, n.19, 2005.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. Restauração e conservação de ecossistemas tropicais. In: CULLEN JÚNBIOR, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. **Métodos em estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: UFPR, Fundação o Boticário de Proteção a Natureza, p.383-394. 2003.

KAISER, E.A.; MARTENS, R.; HEINEMEYER, O. Temporal changes in soil microbial biomass carbon in an arable soil. **Plant and Soil**, v.170, p.287-295, 1995.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMMAN, G.E. Soil quality: A concept, definition and Framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 4-10, 1997.

KINDEL, A.; BARBOSA, P.M.S.; PÉREZ, D.V.; GARAY, I. Efeito do extrativismo seletivo de espécies arbóreas da Floresta Atlântica de Tabuleiros na matéria orgânica e outros atributos do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 23, p.465-474, 1999.

KINDEL, A.; GARAY, I. Humus form in ecosystems of the Atlantic Forest, Brazil. **Geoderma**, v. 108, p.101-118, 2002.

KLIPPEL, V. H. **Avaliação de métodos de restauração florestal de Mata Atlântica de Tabuleiros**. 2011. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

LAPOINTE, S..L. Leguminous cover crops and their interactions with Citrus and *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera:Curculionidae). **Florida Entomologist**, v. 86, p.80-85. 2003.

LADEIRA, B. C.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos em uma sequência de idade. **Revista Árvore**, v. 25, n. 1, p. 69- 78, 2001.

LEITÃO-FILHO, H.F. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. Campinas: Unesp - Unicamp, 1993. 92 p

- LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R.; RIBEIRO, A. I. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 276-280, 1999.
- LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I.; MELO, W. J. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p.132-138, 2011
- LOPES, K. P.; SOUZA, V. C.; ANDRADE, L. A. DORNELAS, G. V.; BRUNO, R. L. A. Estudo do banco de sementes em povoamentos florestais puros e em uma capoeira de Floresta Ombrófila Aberta, no município de Areia, PB, Brasil **Acta Botanica Brasilica**. v. 20, n.1, 2006
- 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.
- MACHADO, F.A.; BEZERRA NETO, E.;NASCIMENTO, M. P.S.C.B.; SILVA, L.M.; BARRETO, L.P.; NASCIMENTO, H.T.S.; LEAL, J.A. Produção e qualidade da serrapilheira de três leguminosas arbóreas nativas do nordeste do Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 6, p. 323-334, 2012
- MACHADO, M. R., RODRIGUES, F.C.M. P., PEREIRA, M. G. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Árvore**. v. 32, n.1, p.143-151. 2008
- MAIA, S.M.F.; XAVIER, F.A.S.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S. & ARAÚJO FILHO, J.A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Árvore**, 30:837-848, 2006.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic, 1997.
- MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda fácil. 146p. 2001.
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, n.3, p.405-412, 1999.
- 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.
- MENGISTU, S; KEFTASA, D; YAMI, A. Productivity of four sesbania species on two soil types in Ethiopia. **Agroforestry Systems**, v. 54, p. 235–244, 2002.
- MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J. A. L.; MELÉM JUNIOR, N. J. Produção de Serapilheira e Retorno de Nutrientes de um Povoamento de Taxi branco e de uma Floresta Secundária no Amapá. **Boletim de pesquisa florestal**, n. 52, p. 3-20, 2006
- MAFONGOYA, P. L.; KUNTASHULA, E. Participatory evaluation of Tephrosia species and provenances for soil fertility improvement and other using farmer criteria in Eastern Zâmbia. **Experimental agriculture**, London, v. 41, p. 69-80. 2005.

- 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.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras: UFLA. 626p. 2002.
- MOREIRA, P. R., SILVA, O. A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p.49-59. 2004
- NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.457-462, 2003
- NOGUEIRA, N. O.; OLIVEIRA, O. M.; MARTINS, C. A. S.; BERNARDES, C. O. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14, p. 2121-2131, 2012
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; MUMES, F. N. Fósforo. In: In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do solo.** Viçosa:SBCS. p. 451-550. 2007
- 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. p. 443-480. 1997
- 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 FILHO, O. G. **Seleção de fungos micorrízicos arbusculares para *Mimosa velloziana* MART. em substratos da mineração de ferro.** Monografia (Engenharia Florestal). Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 14 p. 2010
- OLIVEIRA, L.; BALLESTERO, S. D. Recuperação do solo em povoamentos florestais em área de exploração de areia no município de Tremembé-SP. **Revista de Biociências**, v. 13, n.3, p.156-166, 2007
- PAGANO, S.N.; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do estado de São Paulo, Brasil. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed). **Matas ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo: EDUSP: FAPESP, p.109-123. 2000
- 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.
- PAVANELLI, L. E.; ARAUJO, F. F. Parâmetros químicos e biológicos indicadores de qualidade de solo sob cultivo de braquiárias e soja no oeste paulista. **Revista Ceres**, v. 57, n.1, p. 118-124. 2010
- PEDEAG. **Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura: novo PEDEAG 2007-2025 - Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca.** Vitória : SEAG, 2008. 284 p.

- PEREIRA, F. S.; ANDRIOLLI, I.; PEREIRA, F. S.; OLIVEIRA, P. R. de; CENTURION, J. F.; FALQUETO, R. J.; MARTINS, A. L. da S. Qualidade física de um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de manejo avaliado pelo Índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 35, n. 1, p. 87-95. 2011.
- PEREIRA, G. A. M.; SILVA, D. V.; BRAGA, R. R.; CARVALHO, F. P.; FERREIRA, E. A.; SANTOS, J. B. Fitomassa de adubos verdes e cobertura do solo na região do Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Revista Agroambiente**, v. 6, n. 2, p. 110-116, 2012
- PEREIRA, M.G.; MENEZES, L.F.T.; SCHULTZ, N. Aporte e decomposição da serapilheira na floresta Atlântica, ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ. **Revista Ciência Florestal**, v.18, n.4, p.443-454, 2008.
- PERIN, A. SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.1, p.35-40, 2004
- PERIN, R.; CÔRREA, J. C.; CRAVO, M. S.; CANTO, A. C.; MATOS, J. C. S. Desempenho produtivo de leguminosas arbustivas de múltiplo uso com baixos níveis de fósforo. **In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 22, Manaus, 1996. **Anais...** Manaus: SBCS, v. 1, p. 456-457. 1996.
- PIMENTA, J. A., ROSSI, L. B., TOREZAN, J. M. D., CAVALHEIRO, A. L., BIANCHINI, E. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p.53-57. 2011
- R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2011. Disponível em <<http://www.R-project.org>> acesso em 06 set 2011.
- RANGER, J; MARQUES, R.; COLIN-BELGRAND, M. Nutrient dynamics during the development of a Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) stand. **Acta Ecologica**, v.18, n.2, p.73-90, 1997.
- RAIJ, B. V.. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the brazilian cerrado vegetation iii: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal Of Botany**. v. 60, n. 1, p. 57–109, 2003.
- REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. **In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. p. 265 - 302.
- REICHERT, J.M; REINERT D.J. BRAIDA, J.A. Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: condições físicas do solo agrícola. **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação.** Viçosa: UFV. 1999. 359p.

RIBEIRO, P. H. **Matéria orgânica e atributos químicos em solo de tabuleiros costeiros sob diferentes coberturas vegetais.** Jerônimo Monteiro, ES: UFES, 2011. 41 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

RODRIGUES; G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.73–80, 2007

SÁ, R. C.; PEREIRA, M. G. ; FONTANA, A. Características físicas e químicas de solos de tabuleiros em Sooretama. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n.02, p. 95-99, 2003

SAMPAIO, F. A. R.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; JUCKSCH , I. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um argissolo amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 27, p.1161-1170, 2003.

SANQUETA, C. R.; BALBINOT, R. Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: SANQUETA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. (Eds.). **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas.** Curitiba: UFPR/Ecoplan, 2004. p. 77-93.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H. Relevo e fertilidade do solo em diferentes estratos da cobertura vegetal na bacia hidrográfica da represa Vaca Brava, Areia, PB. **Árvore**, v. 34, n. 2, 2010.

SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo:** Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Metropole. 654p. 2008

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; & ANJOS, L. H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5.ed. Viçosa, MG, SBCS/SNLCS, 2005. 100p.

SCHUMACHER, M.V.; **CALDEIRA, M. V. W.** Quantificação de biomassa em povoamentos de *Eucalyptus saligna* Smith com diferentes idades. *Biomassa e Energia*, v. 1, n.4, p. 381-391, 2004.

SILVA, R. D. **Indicadores de recuperação ambiental em diferentes coberturas florestais, Alegre – ES.** Jerônimo Monteiro, ES: UFES, 2012. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo:** Fundamentos e perspectivas. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS, 1988. 236 p.

SILVA, M. S. C. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Paraty, RJ.** 2006. 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

- SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S. SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**. v. 38, n. 1, 2008.
- SOUZA, L. C. D.; SÁ, M. E.; SILVA, M. P.; ABRANTES, F. L.; SIMIDU, H. M.; ARRUDA, N.; VALÉRIO FILHO, W. V. Efeito da adubação verde e época de semeadura de cultivares de feijão, sob sistema plantio direto, em região de Cerrado. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p. 699-708, 2012
- SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Cerne**, v. 7, n. 1, p. 101-113, 2001.
- SOUZA, K. B.; PEDROTTI, A.; RESENDE, S.C.; SANTOS, H. M. T.; MENEZES, M. M. G.; SANTOS, L. A. M.. Importância de Novas Espécies de Plantas de Cobertura de Solo para os Tabuleiros Costeiros. **Revista da Fapese**, v.4, n. 2, p. 131-140, 2008
- TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p.725-730, 2001.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J.. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS.1995. 118 p.
- TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; ANDRADE, M. J. B.; SILVA, C. A.; PERERIRA, J. S. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto + crotalaria no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 31, n. 4, p. 647-653, 2009
- TEIXEIRA, W. G.; MALTA, C. G. Adubos verdes como fonte de nutrientes para uma variedade crioula de milho pipoca. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14; p. 33-41, 2012
- TÉO, S. J.; MACHADO, S. A.; REISSMANN, C. B.; FIGUEIREDO FILHO, A. Concentração e conteúdo de macronutrientes da biomassa de *Mimosa scabrella* Bentham, em diferentes classes de sítio, idade e diâmetro. **Scientia Agraria**, v.11, n.6, p.459-467. 2010a
- TEO, S. J.; MACHADO, S. A.; REISSMANN, C. B.; FIGUEIREDO FILHO, A. Micronutrientes da biomassa aérea de bracatinga sob diferentes classes de sítio, idade e diâmetro. **Floresta**, v. 40, n. 4, p. 861-870, 2010b
- VIEIRA, M. **Dinâmica nutricional em um povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* em Eldorado do Sul - RS, Brasil**. Santa Maria, RS: UFSM, 2012. 119 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, 2012.
- VIEIRA, M.; CALDATO, S. L. ROSA, M. R.; KANIESKI, M. R.; ARALDI, D. B.; SANTOS, S. R.; SCHUMACHER, M. V. Nutrientes na serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Decidual, Itaara, RS. **Ciência Florestal**, v. 20, N. 4, p. 611-619, 2010

- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista árvore**, v.34, n.1, p. 85-94, 2010
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; BONACINA, D. M. . Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* L. em Cambara do Sul, RS. **Revista Árvore**, v. 35, p. 371-379, 2011
- VITOUSEK, P.M. Litterfal, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forest. **Ecology**, v.65, p.285-298. 1984.
- 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.
- VOGEL, H. L. M; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P. Estoque de nutrients na biomassa e no solo em floresta secundária de Itaara. In: LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; KILCA, R. V. **A floresta estacional subtropical: Caracterização e ecologia no rebordo do Planato Meridional**. Santa Maria: [s.n.]. p. 287-300. 2011
- VOGT, K. A.; GRIER, C. C.; VOGT, D. J. Production, turnover an nutrient dynamics of above and belowground detritus of world forest. **Advances in ecological research**, v. 15, p. 303-377, 1986.
- WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; SÁ MENDONÇA, E.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005.
- 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.843-852, 2004.

7 APÊNDICE

7.1 PERFIL DO SOLO: ANÁLISE MORFOLÓGICA E QUÍMICA

Descrição geral, morfológica e química do perfil do solo aberto na área em estudo (Floresta de Tabuleiros no Município de Linhares, ES). Na Figura 6 é ilustrado a trincheira aberta.

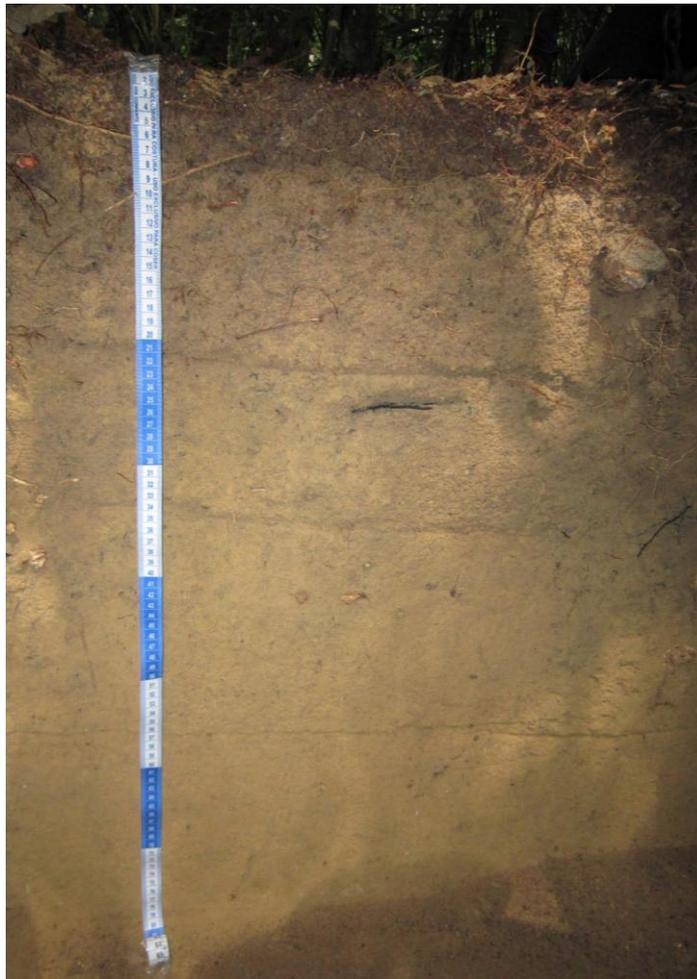


Figura 9: Perfil do Argissolo Amarelo na área em estudo (Floresta de Tabuleiros), no município de Linhares, ES.

DESCRIÇÃO GERAL

CLASSIFICAÇÃO – ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico

LOCALIZAÇÃO – Município de Linhares, ES.

EROSÃO – nula.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Terciário (Barreiras).

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano a suave ondulado

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Perenifólia

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A₁ 0 - 8 cm; bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2 úmida) bruno (10YR 5/3 seco); arenosa; moderada a fraca pequena granular e grãos simples; solta, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara
- A₂ 8 - 21 cm; bruno (10YR 4/3 úmida) bruno amarelo-claro (10YR 6/4 seco); arenosa; moderada a fraca pequena a média granular e grãos simples; solta, muito friável a friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual
- A₃ 21 - 34 cm; bruno (10YR 4/3 úmida) bruno amarelo-claro (10YR 6/4 seco); arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares e pequena granular; macia, friável a firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual
- Bt₁ 34 - 56 cm; bruno amarelado (10YR 5/4 úmida) amarelo brunado (10YR 6/6 seco) argilo arenosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares média; firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bt₂ 56 + cm bruno amarelado (10YR 5/4 úmida) amarelo brunado (10YR 6/6 seco); argilo arenosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares média; firme, plástica e pegajosa.

OBS: Raízes abundantes até o horizonte A₂

ANÁLISES QUÍMICAS

Tabela 15: Análise química do perfil do Argissolo Amarelo em Linhares, Espírito Santo

Hor	pH (H ₂ O)	Complexo Sortivo									V %	m %
		P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	H+Al	SB	CTC ef	CTC total		
		Mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³						
A ₁	5,5	1,7	17,0	2,0	0,9	0,3	2,8	2,9	3,2	5,7	51,0	8,0
A ₂	4,6	0,8	7,0	0,4	0,2	0,6	2,2	0,6	1,2	2,8	22,0	49,0
A ₃	4,9	1,0	4,0	0,5	0,1	0,5	2,6	0,7	0,2	3,3	19,0	43,0
Bt ₁	4,6	0,6	2,0	0,5	0,0	1,2	3,1	0,6	1,8	3,7	16,0	66,0
Bt ₂	4,8	0,4	0,0	0,8	0,1	2,0	3,3	0,9	2,9	4,2	21,0	69,0