



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Gerhard Valkinir Cabreira

CRESCIMENTO E INTERAÇÃO RADICULAR EM POVOAMENTOS
MISTOS DE *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* E *Acacia mangium* SOB
DIFERENTES TIPOS DE PREPARO DO SOLO

Prof. Dr. EDUARDO VINÍCIUS DA SILVA
Orientador

SEROPÉDICA - RJ
Janeiro - 2014



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Gerhard Valkinir Cabreira

CRESCIMENTO E INTERAÇÃO RADICULAR EM POVOAMENTOS
MISTOS DE *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* E *Acacia mangium* SOB
DIFERENTES TIPOS DE PREPARO DO SOLO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SEROPÉDICA - RJ
Janeiro - 2014

**CRESCIMENTO E INTERAÇÃO RADICULAR EM POVOAMENTOS MISTOS DE
Eucalyptus urophylla x *E. grandis* E *Acacia mangium* SOB DIFERENTES TIPOS DE
PREPARO DO SOLO**

GERHARD VALKINIR CABREIRA

Comissão Examinadora:

Monografia aprovada em 17 de Janeiro de 2014.

Prof. Dr. Eduardo Vinícius da Silva
UFRRJ / IF / DS
Orientador

Prof. Dr. Marcos Gervasio Pereira
UFRRJ / IA / DS
Membro

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
UFRRJ / IF / DS
Membro

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos no mínimo fará coisas admiráveis”.

José de Alencar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades dadas e por sempre me acompanhar em minha caminhada me oferecendo sabedoria e determinação.

Aos meus pais, Alcemar e Zenite, pelo apoio em vir para a UFRRJ e nunca permitirem a minha desistência na formação, sempre acreditando em mim.

Aos meus irmãos Evelyn, Wilbert e Herbert pela infância juntos.

Aos meus primos Gerson, Samira e Diego pelo ânimo e diversão em minhas visitas à São Paulo.

Aos meus tios Roberto e Vaniléia pela recepção e incentivo nos meus primeiros passos na vida universitária até conhecer a UFRRJ.

Agradeço à minha namorada Nayara pelo apoio, companhia e paciência dia após dia.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por me permitir a realização do curso de Engenharia Florestal e por todas as oportunidades para me manter no curso, permitindo ser bolsista do programa PROIC/DPPG-UFRRJ no qual foi idealizada essa monografia.

Ao professor Eduardo Vinícius da Silva por aceitar ser meu orientador nessa monografia e permitir que eu fosse seu bolsista por um ano

Ao professor Paulo Sérgio dos Santos Leles pela oportunidade de estagiar no Laboratório de Pesquisas e Estudos em Reflorestamento (LAPER) com toda a sua orientação e ensinamento.

A toda equipe do LAPER. Todos aqueles que pude conhecer desde minha entrada no laboratório em 2010 até os dias atuais. Em especial agradeço ao Tafarel; grande amigo que esteve presente em grande parte das coletas realizadas.

Ao Paulo César (PC) sempre presente nas atividades de campo do LAPER com suas histórias.

Ao Tião, a Cacá e a Zilar, funcionários do IF que sempre me recebem de boa vontade.

Aos irmãos de RURAL, Monstrinho (vulgo Vítor Werneck), Alan Parceiro e a Gabriela Bastos.

A todos os professores que passaram em minha vida acadêmica com seus ensinamentos.

Aos membros da banca, professores Marcos Gervasio e Lucas por aceitarem em me avaliar neste trabalho.

Agradeço a toda turma 2010-II pelos inúmeros momentos que me ofereceram nessa caminhada de RURAL em especial ao Thales Lima com sua chatice diária, a Amanda Arantes uma amiga que sempre procura ser contrária ao que eu falo só para gente brigar e a Thamires Guterres, chorona e desesperada que faço questão de pegar no pé.

Aos amigos e porque não IRMÃOS de República: Gabriel, João Flávio, Hudson, Bimbim e Jão Manel pela paciência, companheirismo e amizade; pelos momentos vividos, a diversão, além do sofrimento nos estudos.

A todas outras pessoas não citadas aqui, mas que direta ou indiretamente auxiliaram na realização desse trabalho. A todos vocês, meu muito obrigado.

RESUMO

Espécies de crescimento rápido podem ter suas necessidades supridas pelos teores de nitrogênio presente na matéria orgânica do solo por meio da sua decomposição. Porém, o manejo intensivo do solo diminui e esgota estes teores intensificando as taxas de exportação do Nitrogênio do solo. Sendo assim, a introdução de plantios mistos, tendo num mesmo povoamento o eucalipto e espécies arbóreas com potencial de fixar N, acarreta em inúmeros benefícios para o solo e para as plantas. Nesse trabalho, consorciou-se a *Acacia mangium* Willd. com o híbrido *E. urophylla* S. T. Blake x *E. grandis* W. Hill ex Spreng. O objetivo foi avaliar a interação radicular em plantios puros e mistos de *E. urograndis* e *A. mangium*. O delineamento experimental implantado foi o de blocos completamente aleatorizados com parcelas subdivididas que foram submetidas a diferentes tipos de manejo sendo chamados de cultivo mínimo e cultivo intensivo. Sob estes manejos avaliou-se o povoamento mono específico de *E. urograndis* (0A:E100), povoamento mono específico de *A. mangium* (100A:0E) e o povoamento misto de *A. mangium* x *E. urograndis* (50A:50E). Foram amostradas raízes finas (< 2 mm de diâmetro) em cinco pontos diferentes em dois conjuntos de árvores por tratamento até 1 m de profundidade com auxílio de uma sonda de aço com 4,5 cm de diâmetro interno. Na profundidade de 0-10 cm foi observada a maior densidade de raízes finas (drf). Nas profundidades 0-10, 30-50 e 50-100 cm não ocorreu diferença entre o cultivo intensivo e o mínimo. Porém, na profundidade 10-30 cm houve diferença destacando as maiores médias de drf para o cultivo intensivo. Observou-se diferença entre os tratamentos em 0-10, 10-30 e 30-50 cm de profundidade. Para o intervalo de 50-100 cm de profundidade as médias dos tratamentos foram consideradas semelhantes. Ao observar as médias de drf de cada tratamento em cada profundidade, verifica-se que os plantios puros de acácia apresentaram maiores densidades de raízes finas em todas as profundidades. Ao comparar os efeitos do tratamento sobre as espécies observou-se para a acácia que os maiores valores de drf ocorreram no horizonte 0-10 cm, ao introduzir o consórcio as densidades intensificaram nas camadas mais profundas. Para *E. urograndis* a implantação dos plantios mistos intensificou a drf dessa espécie na profundidade de 0-10 cm. Analisando o efeito do manejo sobre o tratamento, não foi observado efeito deste sobre o desenvolvimento radicular nas profundidades estudadas, com exceção na profundidade 10-30 cm onde se verificou que o manejo intensivo aumentou a drf no tratamento 100A:0E.

Palavras-chaves: Consórcio, Competição, Interação, Eucalipto, Acácia, Leguminosa, Raízes finas.

ABSTRACT

Fast-growing species can have their needs met by the stock of nitrogen present in organic matter through mineralization. However, intensive soil management and reduces exhaust these soil stocks intensifying export rates this nutrient. Thus, the introduction of mixed planting, having a same stand eucalyptus tree species and the potential of fixing N, results in several benefits to the soil and plants. In this work, we clubbed together to *Acacia mangium* Willd. with *Eucalyptus urograndis* (*Eucalyptus urophylla* ST Blake x *E. grandis* W. Hill ex Spreng). The objective was to evaluate root interaction in pure and mixed stands of *E. urograndis* and *A. mangium*. The experimental design was implemented randomized complete block with split plots that suffered different types of management being called minimal cultivation and intensive cultivation. Under these managements evaluated the monospecific stand of *E. urograndis* (0A:E100), monospecific stand of *A. mangium* (A100:E0) and the mixed stand of *A. mangium* x *E. urograndis* (50A:50E). Fine roots (<2 mm diameter) were sampled at five different points on two sets of trees per treatment up to a depth of 1 m with the aid of a steel tube 4.5 cm in internal diameter. In the depth of 0-10 cm was higher density of fine roots (drf). In the depths of 0-10, 30-50 and 50-100 cm no difference between intensive farming and the minimum. However, at 10-30 cm depth was no difference highlighting the major averages drf for intensive cultivation. Significant differences were observed between treatments in 0-10, 10-30 and 30-50 cm depth. 50-100 cm for the treatment means were considered similar. By observing the average drf each treatment at each depth, highlights were pure stands of acacia for presenting best results at all depths. When comparing the effects of treatment on species it was observed that for Acacia values were higher in the 0-10 cm horizon, introducing the values consortium stepped in deeper horizons. For *E. urograndis* deployment of mixed plantings intensified drf this species at a depth of 0-10 cm. Analyzing the effect of management on the treatment, there was no effect of management on root development in treatments at each depth, except at 10-30 cm depth where it was observed that the intensive management treatment on the affected 100A:0E. According to the results, the implementation of mixed eucalypt forest species stands with legumes can be an excellent technique for production in areas subjected to an intense process of degradation is also an excellent alternative source of income for the farmer.

Keywords: Consortium, Competition, Interaction, Eucalyptus, Acacia, Legumes, Roots fine.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
1 Introdução.....	1
2 Revisão de literatura.....	2
3 Material e métodos.....	4
3.1 Caracterização da área.....	4
3.2 Experimento.....	4
3.3 Crescimento da parte aérea.....	5
3.4 Amostragem de raízes finas vivas.....	5
3.5 Análise estatística.....	7
4 Resultados e discussão.....	8
4.1 Crescimento da parte aérea.....	8
4.2 Distribuição vertical das raízes finas.....	11
5 Conclusões.....	15
6 Considerações finais.....	15
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Representação esquemática da distribuição das árvores e dos pontos de amostragem de raízes finas nos tratamentos 100A:0E, 0A:100E e 50A:100E.....6
- Figura 2: Amostragem de raízes finas com a sonda em um dos pontos escolhidos.....6
- Figura 3: Crescimento da parte aérea; sendo altura representado por A e B e diâmetro altura do peito (DAP) por C e D; das árvores nos diferentes tratamentos. 0A:100E e 100A:0E para plantios puros de eucalipto e acácia respectivamente, 50A:50E plantios mistos; para 8, 12, 21, 30 e 49 meses de idade.....9
- Figura 4: Densidade de raízes finas em cada tratamento para cada profundidade para cultivos mínimo e intensivo.....12
- Figura 5: Densidade de raízes finas em cada tratamento para a profundidade de 10-30 cm comparando os cultivos mínimo e intensivo, indicando em cada tratamento representado por ns se não houve diferença significativa e por * se houve diferença significativa entre os tratamentos.....14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição, densidade de árvores de Eucalipto (E) e <i>A. mangium</i> (A) e espaçamentos usados nos tratamentos alocados nas subparcelas dos diferentes tipos de manejo do solo.....	5
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

1 INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Eucalyptus* são as mais plantadas no Brasil, correspondendo, no ano de 2012, a 76,6% (5102030 ha) da área ocupada pelas plantações florestais (ABRAF 2013). A sua predominância se deve a diversos fatores, dentre os principais, estão à adaptação do gênero às condições edafoclimáticas, melhoramento genético, conhecimento silvicultural e disponibilidade de mudas (OLIVEIRA NETO et al., 2010).

Devido a sua representatividade e também pela sua importância industrial como matéria prima, são cada vez maiores as preocupações com fatores que limitam os ganhos de produção, dentre eles, pode-se destacar o custo dos fertilizantes, uso de materiais genéticos não adequados às condições locais e a redução de biodiversidade favorecendo ataques de pragas e doenças (FAO, 1992; LACLAU et al., 2013).

Com isso, é importante que se adote diferentes formas de implantação e manejo de plantios florestais que minimizem estes problemas. Uma excelente alternativa é a adoção de modelos que consorciem espécies de leguminosas arbóreas fixadoras de N com espécies de rápido crescimento e produção (COELHO et al., 2007; SILVA et al. 2009; BOUILLET et al., 2012; VIEIRA et al., 2013).

De acordo com Forrester et al., (2005) a introdução de plantios mistos, tendo num mesmo povoamento o eucalipto e espécies arbóreas com potencial de fixar N, vai acarretar em inúmeros benefícios para o solo e para as plantas. Dentre eles, estão à intensificação da ciclagem de nutrientes, melhoria dos atributos químicos e físicos do solo, aumento da produção de biomassa, aumento do sequestro de carbono e aumento da diversidade biológica do solo.

Diversos trabalhos envolvendo plantios mistos de eucalipto com leguminosas apresentaram resultados favoráveis para ambas às espécies (BALIEIRO, 1999; BALIEIRO et al., 2002; FORRESTER et al., 2004; LACLAU et al., 2005). Porém, outros estudos mostraram resultados não favoráveis, principalmente pela intensificação da competição por água, luz e nutrientes (COELHO et al., 2007; SILVA et al, 2009, VIEIRA et al., 2013).

O sucesso da implantação de plantios mistos de espécies arbóreas depende de como elas responderão quando implantadas numa mesma área (LEUSCHNER et al. 2001; KUEFFER et al. 2007). Essa resposta se refere ao nível de competição (VANDERMEER, 1989). É de grande importância escolher espécies planejando principalmente como elas estarão distribuídas no campo, para assim evitar altos níveis de competição (BOUILLET et al., 2012). Desta forma, é importante conhecer suas características de distribuição do crescimento aéreo e não se esquecer de que também deve ser avaliada a interação radicular entre as espécies.

Por isso faz-se importante que se conheçam modelos de plantios florestais de leguminosas arbóreas em plantios mistos com o eucalipto, em que se obtenham informações sobre a adaptação das espécies arbóreas nestes modelos, sem que ocorra competição significativa entre as espécies, principalmente durante a fase inicial de crescimento do povoamento (LACLAU et al., 2005). Um parâmetro de grande relevância que deve ser avaliado é a interação radicular, já que será através do sistema radicular que a água e os nutrientes essenciais para as plantas serão absorvidos.

Os trabalhos que avaliam o crescimento radicular são operacionalmente difíceis e de altos custos (VOGT et al., 1997). A falta de informação sobre o sistema radicular das árvores frequentemente limita o entendimento da estrutura e do comportamento das florestas (NADKARNI, 1992; VOGT et al., 1997).

No presente trabalho, consorciou-se a *Acacia mangium* Willd. com o *Eucalyptus urograndis* (híbrido do *E. urophylla* S. T. Blake x *E. grandis* W. Hill ex Spreng). O objetivo foi o de avaliar o crescimento e a interação radicular em povoamentos monoespecíficos e mistos de *E. urograndis* e *A. mangium*, avaliando o efeito do manejo do solo sobre o crescimento das árvores em tratamentos puros e mistos; a existência de nichos de crescimento radicular entre as duas espécies e a ocorrência de uma interação radicular positiva entre as árvores implantadas em consórcio sob diferentes tipos de manejo do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O eucalipto e a acácia são espécies florestais amplamente cultivadas no Brasil, tendo grande importância no uso em reflorestamentos com a finalidade energética e na fabricação de celulose. Além disto, a casca da acácia serve de matéria-prima para extração de tanino (VEZZANI, 1997) sendo utilizado em diversos produtos da indústria farmacêutica.

De maneira geral, grande parte dos solos brasileiros são extremamente intemperizados, com predomínio de minerais de argila como caulinitas e óxidos, que apresentam uma baixa capacidade de troca catiônica, o que contribui para a redução de sua fertilidade natural. Em grande parte desses solos, encontram-se plantios florestais com destaque para o eucalipto.

Nesse contexto, a espécie *Acacia mangium* destaca-se como opção silvicultural em sistemas consorciados, sobretudo em áreas com solos de baixa fertilidade, devido ao seu potencial para produção de madeira com baixo acúmulo de nutrientes (BALIEIRO et al., 2004) e de fixação biológica de nitrogênio, que, além de favorecer a ciclagem do N, incorpora esse nutriente no solo para absorção por outras culturas (WILDIN, 1990; COELHO et al., 2007).

Vezzani, (1997) destaca que para favorecer a produção de eucalipto e acácia é possível fazer uso de estratégias de manejo, de forma a melhorar as condições do ambiente de cultivo, podendo assim aumentar a produção final, destaca também o sistema de consórcio entre essas duas espécies como estratégia que pode promover benefícios ecológicos devido a maior diversidade vegetal e biota no solo, além da melhor utilização dos recursos do ambiente. Além disso, tem-se o benefício econômico e a possibilidade de redução nos custos com adubação nitrogenada para o eucalipto devido à capacidade da leguminosa fixar nitrogênio de forma simbiótica.

Ainda segundo Vezzani, (1997), as espécies leguminosas podem beneficiar a fase inicial de desenvolvimento do povoamento florestal quando em associação com o eucalipto, devido a exigência das plantas por este elemento ser bastante elevada. Assim, o suprimento de nutrientes da planta é mantido através da ciclagem biogeoquímica; em que o nitrogênio contido nos resíduos vegetais da leguminosa beneficia e mantém a produtividade do povoamento através da decomposição desses resíduos orgânicos depositados no solo acarretando num retorno mais rápido dos nutrientes.

Mas é difícil prever a combinação de espécies e sítios que poderiam apresentar benefícios devido a melhor ciclagem de nutrientes ou restrições em virtude da maior competição durante a fase de crescimento, devido às características intrínsecas que cada espécie apresenta, nos diferentes sítios. Dessa forma, o plantio misto bem-sucedido é aquele em que a produtividade das espécies envolvidas aumenta em relação ao povoamento mono específico, reforçando a ideia de que este aumento de produtividade deve-se, principalmente, à maior taxa de ciclagem de nutrientes (VIERA et al., 2011). Por isto, é importante selecionar espécies fixadoras de nitrogênio com fácil decomposição de serapilheira, elevada ciclagem de nutrientes e com alta capacidade de fixação de N (FORRESTER et al, 2006).

Trabalhos realizados por Coelho et al. (2007) e Silva et al. (2009) mostraram que nos povoamentos mono específicos e misto, quando houve alta competição por luz, a competição radicular por água e nutrientes também foi alta e a *A. mangium* mostrou-se muito sensível à competição com o *E. grandis*. Para Silva et al (2009) a acácia como estratégia de manter sua posição no dossel alocou maior quantidade de fotoassimilados para o crescimento da altura diminuindo assim seus incrementos em sistema radicular.

Segundo Debell et al. (1997) e Khanna (1997) a transferência de nutrientes da matéria orgânica proveniente da decomposição de nódulos, raízes ou da serapilheira da leguminosa, por meio das hifas micorrízicas e da rizosfera, pode melhorar a nutrição dessas plantas, principalmente em relação ao N e P.

Nos povoamentos mistos, a exploração do solo pelas espécies é maior tanto fisicamente quanto quimicamente (VEZZANI, 1997). Isso se justifica pelas diferenças de sistemas radiculares e também pelas exigências nutricionais. Silva et al. (2009), afirmaram que nos povoamentos mistos os padrões de produtividade acabam sendo decorrente da combinação de uma maior eficiência do uso dos nutrientes pelo eucalipto, maior ciclagem de nutrientes pela leguminosa e também pela maior captura de luz por ambas as espécies. A capacidade e a eficiência de exploração do solo são determinadas pela área superficial das raízes finas, comprimento específico da raiz, distribuição das raízes dentro do perfil do solo, plasticidade das raízes, arquitetura radicular, velocidade de absorção de água e nutrientes. Esses processos acontecem no solo e regulam a facilitação e a competição entre as espécies em povoamentos mistos (BAUHUS et al., 2000; SHIBU et al., 2006).

A adoção de plantios consorciados em solos de baixa fertilidade pode representar maior capacidade de uso dos nutrientes. Esses nutrientes quando incorporados na biomassa são devolvidos através da serapilheira e podem ser reabsorvidos por aquelas plantas cujas raízes nem sempre teriam capacidade de retirá-los das camadas mais profundas (COELHO et al. 2007). Essa sincronia entre sistemas radiculares e microbiota associada é considerada um processo vital para a manutenção da ciclagem de nutrientes.

A fixação biológica de nitrogênio derivada da associação simbiótica entre as plantas e microrganismos específicos do solo é o processo mais significativo de adição de N no ecossistema terrestre (COELHO et al., 2007). As bactérias fixadoras interagem com as raízes de algumas leguminosas arbóreas formando nódulos. O benefício desta associação para a planta é fundamental para o seu desenvolvimento, pois é por meio desta interação que acontece a conversão do N atmosférico em fontes de N mineral essenciais à nutrição da planta.

A acácia pode ser uma grande alternativa de consórcio com o eucalipto, isso devido suas vantagens silviculturais como o fato de seu ciclo de crescimento ser curto, pela sua efetividade como espécie arbórea fixadora de nitrogênio e pelo seu potencial econômico no mercado.

Nos últimos anos essa espécie leguminosa tem sido plantada amplamente para fins comerciais, principalmente para produção de celulose e energia (SOUZA et al.; 2004). Além disso, a demanda por diferentes tipos de polpa celulósica no mercado mundial de celulose de fibra curta vem estimulando o estudo de novas espécies como fonte de matéria prima para esta indústria, o que faz das espécies do gênero *Acacia* bem aceitas no mercado global, destacando como importante fonte de matéria-prima para a produção de celulose na Ásia (SEGURA et al., 2010).

O poder calorífico da acácia faz dela uma excelente opção para a produção de energia, sendo ela quatro vezes mais eficiente do que a madeira de espécies nativas (AZEVEDO et al., 2008). Além da celulose e da energia sua madeira é usada também na movelaria, produção de adesivos, na arborização urbana, na recuperação de áreas degradadas, como barreiras contra o fogo e também como espécie melífera.

Apesar de possuírem capacidade de adaptação às características edáfico climáticas brasileiras, bons níveis de crescimento e características tecnológicas favoráveis à indústria de celulose e papel e demais produções, a utilização das espécies do gênero *Acacia* no Brasil para este fim ainda é bastante restrita, sendo poucos os estudos sobre o seu potencial de uso (SEGURA et al., 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

O trabalho foi realizado no campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, no município de Seropédica-RJ, situado na Latitude 22°44`Sul e longitude 43°42`Oeste, com altitude de 26 metros. O clima, segundo Köppen é do tipo Aw, caracterizado por verões chuvosos e invernos secos, tendo média pluviométrica de 1250 mm e temperaturas médias mensais variando de 16°C (junho a julho) a 32°C (janeiro a março). A umidade relativa média anual é de 73%.

Na área predomina o solo classificado como Planossolo Háplico (RAMOS et al. 1983) caracterizado pela presença de horizonte superficial bastante arenoso e horizonte subsuperficial B plânico, com textura mais argilosa e pela influência do lençol freático em pontos mais baixos da topossequência. O relevo é predominantemente suave ondulado (<5% de declividade).

3.2 Experimento

O delineamento experimental implantado foi o de blocos completamente aleatorizados com parcelas subdivididas (dois blocos de 36 x 105 m), cada um contendo duas parcelas de 18 x 105 m que foram submetidas à diferentes manejos sendo chamados de cultivo mínimo e cultivo intensivo. No cultivo mínimo foi feita apenas a atividade de subsolagem nas linhas de plantios, sendo o solo preparado até 45 cm de profundidade. Já no cultivo intensivo foram realizadas passagens

sucessivas de arado, seguido de grade aradora leve. Foram realizadas doze operações, com intervalos de 3 a 4 dias, até cerca de 20 dias antes do plantio das mudas. Essas parcelas foram então subdivididas em cinco parcelas úteis de 18 x 21 m com diferentes combinações entre as espécies *Eucalyptus urograndis* (híbrido do *E. urophylla* S. T. Blake x *E. grandis* W. Hill ex Spreng) identificado pela letra E e *Acacia mangium* Willd identificado pela letra A (Tabela 1).

Tabela 1: Composição, densidade de árvores de *Eucalyptus urograndis* (E) e *A. mangium* (A) e espaçamentos usados nos tratamentos alocados nas subparcelas dos diferentes tipos de manejo do solo.

Tratamento	Composição	Densidade	Espaçamento (m)
0A:100E	Monoespecífico de Eucalipto	100% E[‡]	3 x 3
0A:100E + N [†]	Monoespecífico de Eucalipto com adubação nitrogenada	100% E	3 x 3
100A:0E	Monoespecífico de <i>A. mangium</i>	100% A	3 x 3
100A:100E	<i>A. mangium</i> x Eucalipto	100% A + 100% E [*]	3 x 1,5
50A:50E	<i>A. mangium</i> x Eucalipto	50 % A + 50 % E	3 x 3

[‡] As subparcelas com densidade 100% apresentam 42 árvores no total (densidade de 1111 árvores/ha).

^{*} A subparcela 100A:100E apresenta 84 árvores, 42 de cada espécie (densidade de 2222 árvores/ha).

[†] O N foi aplicado na forma de ureia na quantidade de 100 kg/ha (30 kg/ha no plantio e 30+40 kg/ha aos seis e doze meses pós-plantio).

Destes cinco tratamentos, o crescimento e a interação do sistema radicular foram avaliados no povoamento monoespecífico de *E. urograndis* sem adubação nitrogenada (0A:E100), no povoamento monoespecífico de *A. mangium* (100A:0E) e no misto *A. mangium* x *E. urograndis* (50A:50E) em ambos os tipos de manejo de solo.

3.3 Crescimento da parte aérea

Para o acompanhamento do crescimento da parte aérea mediu-se a altura total das árvores aos 8, 12, 21, 30 e 48 meses pós-instalação do experimento utilizando o aparelho do tipo vertex. O diâmetro a altura do peito (DAP) foi medido aos 21, 30 e 48 meses pós-instalação do experimento, sendo os valores obtidos através de fita diamétrica. Foram medidas todas as árvores da parcela útil de 18 x 21 m com 42 árvores cada. As árvores da bordadura não foram medidas.

3.4 Amostragem de raízes finas vivas

Para a avaliação da densidade de raízes finas vivas e a interação entre as árvores, foram escolhidos dois conjuntos de árvores de quatro árvores, sendo realizadas as amostragens em cinco pontos diferentes até 1 m de profundidade, nas camadas 0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm e 50-100 cm (Figura 1).

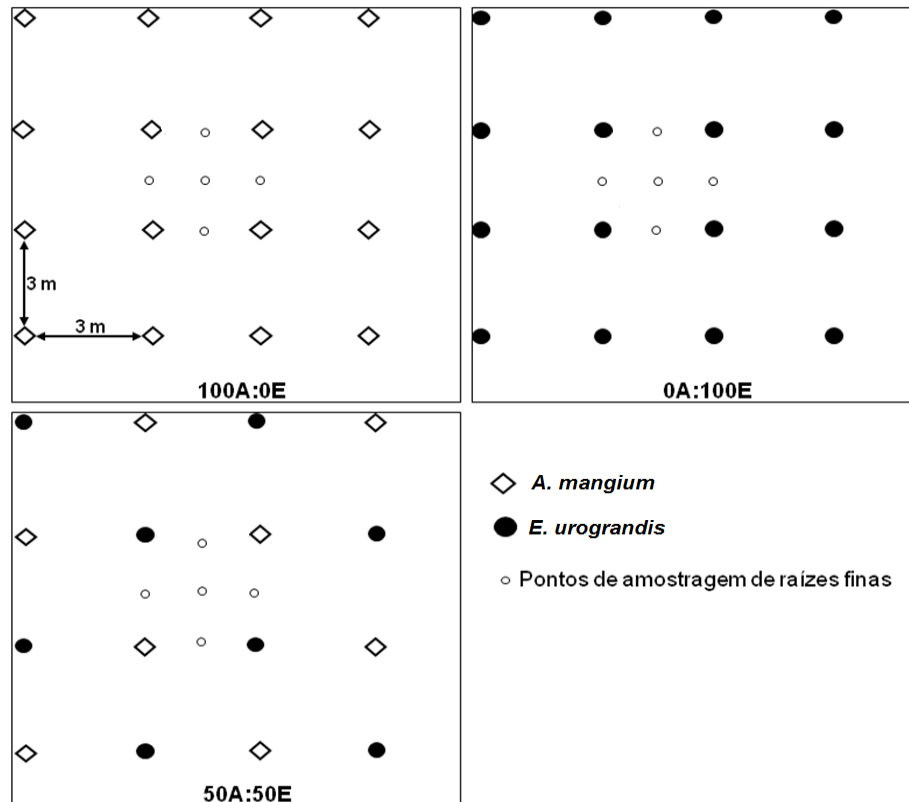


Figura 1: Representação esquemática da distribuição das árvores e dos pontos de amostragem de raízes finas nos tratamentos 100A:0E, 0A:100E e 50A:100E

Na amostragem de raízes finas foi utilizada uma sonda de aço com 4,5 cm de diâmetro interno e 1 m de comprimento com volume de aproximadamente 1,6 dm³. Sendo que para o cálculo de densidades de raízes, foi levado em consideração a massa de raízes obtida sobre o volume da amostra obtida em cada profundidade (Figura 2).



Figura 2: Amostragem de raízes finas com a sonda em um dos pontos escolhidos

As amostras foram encaminhadas para laboratório onde foram lavadas com água corrente numa peneira com malha de 0,5 mm para retirada do solo. Todo o material orgânico encontrado foi armazenado em frascos contendo solução de álcool a 70% para fixação do material e posterior separação das raízes vivas (JOHANSEN, 1940).

Após lavar e armazenar as amostras, separou-se apenas as raízes finas vivas (até 2 mm de diâmetro) de *A. mangium* e *E. urograndis* utilizando uma pinça e uma bandeja branca. As raízes mortas que eram quebradiças e de coloração opaca e demais impurezas foram descartadas durante a separação.

A separação das raízes mortas e vivas de *A. mangium* e *E. urograndis* foi realizada de maneira visual, levando em conta características morfológicas, coloração, flexibilidade e quantidade de bifurcações. As raízes vivas apresentavam boa flexibilidade com leve pressão e aparência transparente. As raízes mortas eram quebradiças e de cor opaca. Para identificar as raízes das diferentes espécies foi realizada primeiramente a separação dos povoamentos monoespecíficos (100A:0E e 0A:100E) de maneira que as características das raízes de cada espécie fossem observadas para posterior separação no povoamento misto (50A:50E).

Segundo Silva et al. (2009), as raízes de eucalipto foram identificadas por apresentarem maior quantidade de bifurcações do que as raízes das leguminosas e coloração marrom claro. As raízes da *A. mangium* apresentaram coloração amarelo claro, quase translúcida. Ainda, segundo os autores, das amostras de raízes coletadas até 3 mm de diâmetro entre 18 e 30 meses depois do plantio, 77% e 67% correspondiam à raízes finas < 1 mm de *A. mangium* e *E. grandis*, respectivamente.

Após a separação, as amostras foram secas à 65 °C até massa constante e pesadas em uma balança analítica (precisão de 0,0001g) para posterior tabulação e análise estatística dos dados.

3.5 Análise estatística

Primeiramente, o conjunto de dados foi testado quanto à homogeneidade das variâncias (teste de Bartlett) e quanto à distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk). Verificando assim o atendimento dos requisitos para o emprego da análise de variância (ANOVA) e estatística paramétrica. Sendo estas prerrogativas atendidas, analisou-se a variância através do teste F entre os tratamentos em cada profundidade. Havendo diferenças significativas, comparou-se as diferenças entre os tratamentos através do teste de Tukey.

As análises foram feitas utilizando programa de análise estatística Sisvar versão 4.3 (FERREIRA, 2000) e o Actions (plataforma R). Para todas as análises considerou-se o nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento da parte aérea

Em ambos os tipos de manejo, as árvores de *A. mangium* apresentaram maior crescimento em altura até os 12 meses pós-plantio (Figura 3). Resultados similares ocorreram em estudos realizados por Coelho et al. (2007). Porém para Silva et al. (2009), a altura da *A. mangium* foi superior a observada para *E. grandis* desde os primeiros meses pós-plantio. Esse padrão pode ser justificado pela sua adaptação às características edafoclimáticas locais com verões chuvosos e de elevadas temperaturas; por ser uma espécie agressiva e competitiva no crescimento, ao encontrar melhores condições de desenvolvimento, a acácia conseguiu crescer juntamente ao eucalipto. Bouillet et al. (2008) explicam que a maior fixação de nitrogênio pela leguminosa ocorre na fase inicial do crescimento nos plantios mistos, o que também justifica o rápido crescimento da leguminosa.

As plantas de *E. urograndis* passaram a se sobressair, principalmente no cultivo intensivo, onde antes mesmo dos 21 meses, sua altura já ultrapassava a das plantas de *A. mangium*, sendo este padrão verificado até 49 meses.

Quando analisados os tratamentos em função do tipo de manejo do solo, observou-se que no cultivo mínimo não houve diferença no crescimento das árvores de *E. urograndis* no 0A:100E e 50A:50E (Figura 3A). Por outro lado, quando o solo foi manejado intensivamente, o crescimento das árvores de eucalipto no 50A:50E foi maior do que aquele verificado no 0A:100E (Figura 3B). Resultados apresentados por Santos et al. (2011) estudando o estado nutricional de Eucalipto *urograndis* e *Acacia mangium* em plantios puros e mistos sob diferentes preparos de solos mostraram que os teores de N e Mg no eucalipto foram maiores no tratamento com preparo intensivo do solo, o que justificou seu maior desenvolvimento em parte aérea no cultivo intensivo.

Segundo Lima et al. (2006), diferentes práticas de manejo associadas à utilização intensiva de máquinas agrícolas, condicionam alterações nos parâmetros físicos, mais especificamente sobre a densidade do solo. Isso intensifica a mineralização da matéria orgânica presente no solo, disponibilizando maiores teores de Nitrogênio por exemplo.

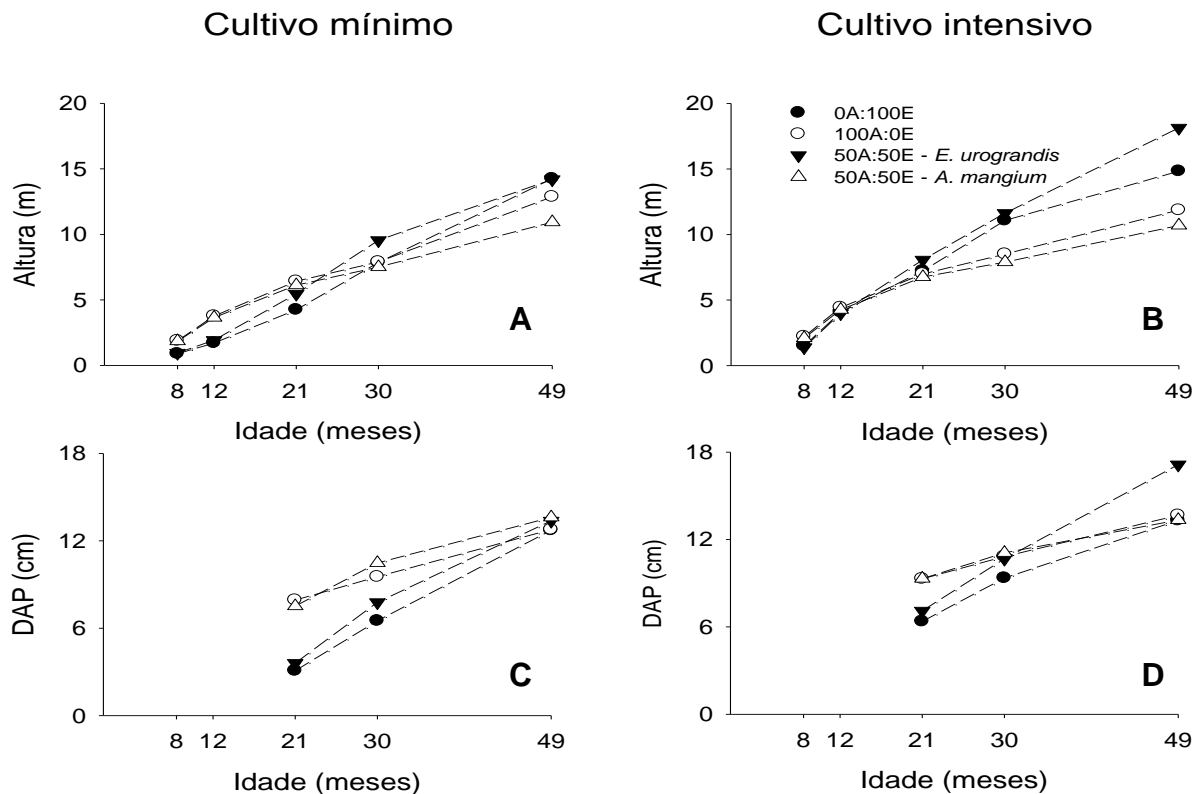


Figura 3: Crescimento da parte aérea; sendo altura representado por A e B e diâmetro altura do peito (DAP) por C e D; das árvores nos diferentes tratamentos. 0A100E e 100A:0E para plantios puros de eucalipto e acácia respectivamente, 50A50E plantios mistos; para 8, 12, 21, 30 e 49 meses de idade.

Em relação à espécie *A. mangium*, claramente se observa que suas árvores cresceram mais no tratamento 100A:0E, tanto sob cultivo mínimo do solo quanto no intensivo. Santos et al. (2011), em seus resultados, demonstraram que os tratamentos de níveis de preparo de solo e composições de plantio não resultaram em nenhum impacto sobre a nutrição de *A. mangium*. Este resultado evidencia que o tipo de manejo realizado não tem efeito sobre o crescimento da parte aérea dessa espécie. Observa-se que no tratamento 50A:50E, devido a competição intra e interespecífica, o crescimento das árvores da espécie foi inferior ao tratamento monoespecífico. Fato este observado por Coelho et al. (2007) e Silva et al. (2009) em diferentes experimentos com *E. grandis* e *A. mangium*.

Com relação ao DAP, observando-se as diferenças entre as espécies sob cultivo mínimo, as árvores de *A. mangium* cresceram de forma similar às árvores de *E. urograndis* tanto nos tratamentos puros, quanto no misto (Figura 3C). Sob cultivo intensivo (Figura 3D), os resultados não diferiram dos apresentados no cultivo mínimo, salvo as árvores de *E. urograndis* que apresentaram um maior incremento em diâmetro em comparação as árvores de *A. mangium* no tratamento misto. Em trabalho realizado por Vieira et al. (2011), o crescimento em diâmetro do *Eucalyptus urograndis* e da *Acacia mearnsii*, tanto aos seis quanto aos 18 meses de idade, não diferiu significativamente entre os tratamentos.

Silva et al. (2009) avaliando povoamentos monoespecíficos e mistos de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium* com 12 meses pós-plantio, verificaram que a área basal da *A. mangium* no povoamento monoespecífico foi semelhante a do *E.*

grandis também monoespecífico. Após essa idade, até 29 meses verificaram também que o *Eucalyptus grandis*, no plantio misto, não apresentou diminuição ou aumento no crescimento em área basal, em relação ao seu monocultivo.

Já Forrester et al. (2004), observaram que o crescimento inicial de *Acacia mearnsii*, em plantios mistos, foi maior do que o do eucalipto. Os autores observaram que os diâmetros de *Eucalyptus globulus* foram significativamente maiores em consórcios quando conduzidos como monoculturas, aos quatro anos de idade, e estas diferenças aumentaram, com o decorrer do tempo, até os 11 anos de idade.

Kleinpaul et al. (2010) e Vezzani et al. (2001) destacam que, embora o eucalipto consorciado tenha sido favorecido pelo maior suprimento de nitrogênio da acácia, esta maior disponibilidade de N não promoveu maior crescimento das plantas. Porém para Vezzani et al. (2001), embora as diferenças não sejam estatisticamente significativas para o DAP e altura das árvores, para o eucalipto estes parâmetros de avaliação de crescimento tenderam a ser maiores no sistema de consórcio. Este favorecimento pode ser devido ao maior suprimento de nitrogênio da leguminosa para o eucalipto.

Verificou-se que as árvores de *A. mangium* não apresentaram grandes alterações no padrão de crescimento aéreo (altura e diâmetro) entre os tratamentos sob diferentes tipos de manejo de solo. De forma contrária, o *E. urograndis* apresentou um maior crescimento no tratamento misto sob cultivo intensivo. Pode-se assim deduzir que este padrão foi provocado por uma interação interespecífica positiva entre as espécies sob um manejo de solo mais intensivo. Segundo Santos et al. (2004) o manejo intensivo do solos, proporciona menor aporte de carbono e aumento nas taxas médias de mineralização da matéria orgânica, em função do revolvimento do solo.

Visto que, um preparo de solo mais intensivo provoca perda de nutrientes e degradação do solo, neste caso as árvores de *A. mangium* estaria melhorando as condições químicas (fixação de nitrogênio e ciclagem de nutrientes), físicas (formação de macro e microporos no solo) e biológicas (microbiologia do solo), proporcionando assim melhores condições para o crescimento do *E. urograndis*.

O sucesso de muitos plantios mistos tem sido atribuído em parte a redução da competição por luz através da estratificação do dossel (FORRESTER et al. 2006). Com melhores condições de crescimento para as duas espécies, a possibilidade de interações positivas é maior, em parte devido às melhores condições de fixação de N (COELHO et al., 2007).

Para Vezzani et al. (2001) a resposta em crescimento pode ser também uma consequência de outros fatores que interagem no tratamento com o consórcio, os quais reduzem a competição e ou facilitam o desenvolvimento. Um dos fatores que pode ter contribuído para essa resposta ao crescimento é a conformação da copa das árvores. A acácia, provavelmente, permitiu melhor exploração do espaço pelo eucalipto, beneficiando a produção de folhas e galhos. Com maior área fotossintética, o aproveitamento da radiação solar é superior no eucalipto em consórcio.

Na fase inicial, a competição interespecífica é maior; depois dessa fase, a competição intraespecífica predomina, ficando mais acirrada quando o espaçamento de plantio for mais adensado ou sob maior escassez de fatores de crescimento (COELHO et al., 2007). Porém, do ponto de vista ecológico, a diversidade vegetal

oferecida pelo consórcio traz benefícios, como melhor exploração da radiação solar e aproveitamento do espaço edáfico pelas raízes (VEZZANI, 1997).

Vezzani et al., (2001) observaram também que a quantidade de madeira em metros cúbicos, obtida no consórcio, foi idêntica ao de eucalipto puro. E em alguns trabalhos realizados por Debell et al. (1997) e Binkley et al. (2003) ocorreu do consórcio obter maior produtividade. Com isso, verifica-se o grande potencial da implantação de plantios consorciados em áreas que passaram por um intenso processo de exploração.

4.2 Distribuição vertical das raízes finas

Na profundidade de 0-10 cm é possível de destacar uma maior densidade de raízes finas (Figura 4). Segundo Gonçalves et al. (2001) e Laclau et al. (2004), isso é devido a maior intensidade da ciclagem biogeoquímica que faz com que a camada superficial tenha maior disponibilidade de nutrientes para as árvores, sendo ela enriquecida nutricionalmente. Esse padrão explica o fato de se encontrar uma maior intensidade de raízes finas até 30 cm de profundidade (BAUHUS et al., 2000; MELLO, 2004; COELHO et al., 2007) e a importância das árvores em concentrar o crescimento de raízes finas na camada superficial, pois ali se encontra a sua maior efetividade e eficiência em aquisição de nutrientes. Em maiores profundidades os valores tenderam a diminuir até que não fossem mais significativos.

Nas profundidades 0-10, 30-50 e 50-100 cm não foram verificadas diferenças significativas entre o cultivo intensivo e o mínimo (Figura 4). Já para a profundidade de 10-30 cm houve diferença, destacando o cultivo intensivo por apresentar maiores médias de densidade de raízes finas, o que também explica a diferença na variável altura (Figura 4A). No cultivo intensivo ocorreram sucessivas aplicações de grade e arado numa profundidade de até 30 cm, totalizando 12 aplicações, que somado ao solo arenoso intensificou ainda mais a drf, enquanto o subsolador foi aplicado apenas nas linhas numa profundidade de até 45 cm para o cultivo mínimo (Figura 4B).

O mesmo padrão foi observado por Coelho et al. (2007) em estudos onde foi avaliada a densidade de raízes finas do *E. grandis*. Os autores verificaram que as variações só ocorreram na camada de 0-30 cm de profundidade nos diferentes tratamentos. Nesta camada de solo, Mello et al. (2004) e Bauhus et al. (2000) encontraram mais de 80% do comprimento total de raízes analisadas.

Houve diferença significativa para a distribuição vertical de raízes finas entre os diferentes tipos de tratamentos para as profundidades 0-10 cm, 10-30 cm e 30-50 cm em ambos os manejos, sendo mais intenso para o manejo intensivo. Para a profundidade de 50-100 cm, as médias dos tratamentos foram consideradas semelhantes, em função da tendência da densidade de raízes nos horizontes mais profundos ser cada vez menor. Silva et al. (2009) num experimento semelhante localizado no município de Itatinga, São Paulo, num topo de encosta apresentando um solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico textura média (EMBRAPA, 1999) com invernos secos e frios, verificaram a mesma situação em que na camada superficial do solo foi nítida a diferença entre a densidade de raízes finas da *A. mangium* quando comparada ao *E. grandis*.

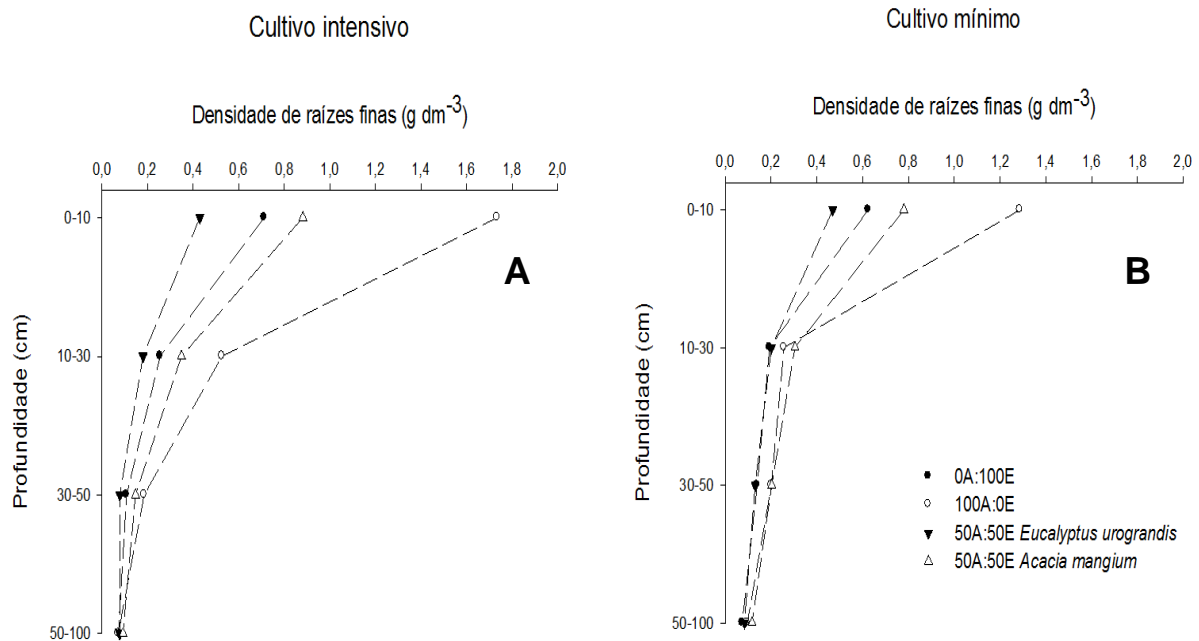


Figura 4: Densidade de raízes finas para os tratamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto urograndis e *Acacia mangium* para cada profundidade sob cultivos mínimo ou intensivo.

Os diferentes índices de crescimento dos povoamentos e a densidade de raízes obtida nessas camadas podem ser atribuídos à grande atividade das raízes finas pela maior disponibilidade de nutrientes do solo e aos processos de ciclagem biogeoquímica através da deposição e da mineralização da serapilheira, nas camadas superficiais, mais ricas em matéria orgânica (GONÇALVES, 1994). Esse padrão indica então, que a diferença dos tratamentos nessas três camadas pode ser justificada pela maior competição intra e interespecífica por melhores condições de desenvolvimento.

Segundo Vezzani et al. (2001), em povoamentos mistos, desde a fase inicial até a formação da copa, ocorre uma competição por recursos (água, luz e nutrientes) entre a leguminosa e a espécie em questão.

Ao observar as médias de densidade de raízes finas para cada tratamento em cada profundidade, destaca-se o tratamento com plantios puros de acácia por apresentar os maiores resultados em todas as profundidades estudadas (Figura 4). Os menores valores drf foram verificados pelas plantas de eucalipto tanto no plantio puro quanto nos mistos em todas as profundidades relacionadas.

Resultados diferenciados foram observados em estudo realizado por Silva et al. (2009) na estação experimental localizado no município de Itatinga-SP. Os autores verificaram que a *A. mangium* no tratamento monoespecífico apresentou menores valores de densidade de raízes finas até 18 meses pós-plantio, caracterizando crescimento radicular lento. Tal padrão indica a baixa capacidade da *A. mangium* de competir por água e nutrientes com o *E. grandis* naquele local.

Dados apresentados por Coelho et al. (2007), obtidos na mesma estação experimental, também mostraram menor crescimento da parte aérea e do sistema radicular da *A. mangium* em relação ao *E. grandis*. Parte desse menor desenvolvimento relativo da *A. mangium* em relação ao *E. grandis* foi atribuído pelos

autores ao período seco e frio que ocorre entre maio e setembro naquele local, adverso às condições ótimas ecologicamente necessárias e ao menor grau de melhoramento para a leguminosa (BOUILLET et al. 2007).

A *A. mangium* nesse experimento encontrou características edáficas quimicamente negativas por ser um solo de baixa fertilidade ao seu desenvolvimento, sendo assim, nessas condições de estresse as plantas são obrigadas a produzir maior densidade de raízes finas visando maior captação de nutrientes. Porém, os fatores climáticos locais com elevadas temperaturas e precipitações no verão, permitiram seu melhor desenvolvimento e ao encontrar situações favoráveis de clima ela intensificou sua densidade de raízes. Além disso, em função da textura extremamente arenosa, e dessa forma uma baixa capacidade de retenção de água e bases, ocorreu maiores perdas de nutrientes, obrigando a espécie a aprofundar e produzir a densidade de raízes.

Ao comparar os efeitos do tipo de tratamento realizado em cada espécie observou-se que, para a acácia, os valores foram maiores na profundidade de 0-10 cm. Ao introduzir o plantio misto os valores de densidade continuaram maiores na camada de 0-10 cm, mas observou-se um aumento dos valores de densidade de raízes nas camadas mais profundas principalmente em 30-50 cm no cultivo mínimo; isso é atribuído por Silva et al. (2009) como consequência da competição e domínio do eucalipto, ou seja; um maior efeito da competição intraespecífica obrigando a acácia a distribuir suas raízes finas para maiores profundidades.

O *E. urograndis* no povoamento misto intensificou a densidade de raízes na profundidade de 0-10 cm, o que pode ser justificado pela entrada da acácia no sistema. De acordo com Vezzani et al. (2001), observa-se maior acúmulo de nutrientes nas camadas mais superficiais por causa do depósito de material vegetal com maior teor de nitrogênio disponível.

Ao analisar o efeito do manejo sobre o tratamento na profundidade de 10-30 cm para avaliar o fato de ter ocorrido diferença apenas nessa profundidade (Figura 5), estatisticamente foi possível de se destacar que esse efeito sobre o manejo nessa profundidade foi devido a uma maior presença de raízes para a acácia nos tratamentos puros, tendo uma maior intensidade de raízes finas no cultivo intensivo (Figura 5).

Vezzani et al. (2001), estudando os aspectos nutricionais de povoamentos puros e mistos de eucalipto e acácia negra, destaca que os tratamentos com a presença da acácia apresentam maior teor de matéria orgânica, tanto em superfície como nas camadas mais profundas do solo, esse aumento de matéria orgânica deve-se, principalmente, a maior adição de resíduos e ou a maior velocidade de decomposição da serapilheira pela sua menor relação C/N. Somado a isso, se tem que uma maior exposição do solo, pelas atividades intensivas, acaba provocando uma disponibilização de nutrientes mais rápida por conta da agilização das taxas de mineralização, o que refletiu nesse desenvolvimento da acácia.

Ainda em seus estudos, os autores verificaram que os resíduos contendo acácia liberaram maiores quantidades de nitrogênio. Também que o material vegetal do tratamento de eucalipto isolado apresentava uma relação C/N bem maior do que a composição da serapilheira do tratamento misto, dificultando a decomposição dos resíduos. Essa menor relação C/N favorece uma decomposição do material orgânico mais rápido em comparação com o tratamento de eucalipto puro. Isso favorece maior perda de carbono e maior liberação de nutrientes. Com isto, há um maior

acúmulo de nutrientes, em relação ao eucalipto isolado, nos primeiros centímetros do solo, ou seja, aumenta a disponibilidade dos nutrientes no local onde se encontram as raízes finas.

Isso justifica então, o fato dos tratamentos de acácia apresentarem maiores intensidade de raízes, principalmente no tratamento de acácia isolado, e do porquê na camada de 0-30 cm para acácia ser observada diferença significativa em relação aos demais tratamentos. Juntamente com isso, a realização de atividades intensivas de aração e gradagem intensificaram a mineralização dessa serapilheira, já que o solo ficou mais exposto às condições climáticas que favorecem o processo de decomposição.

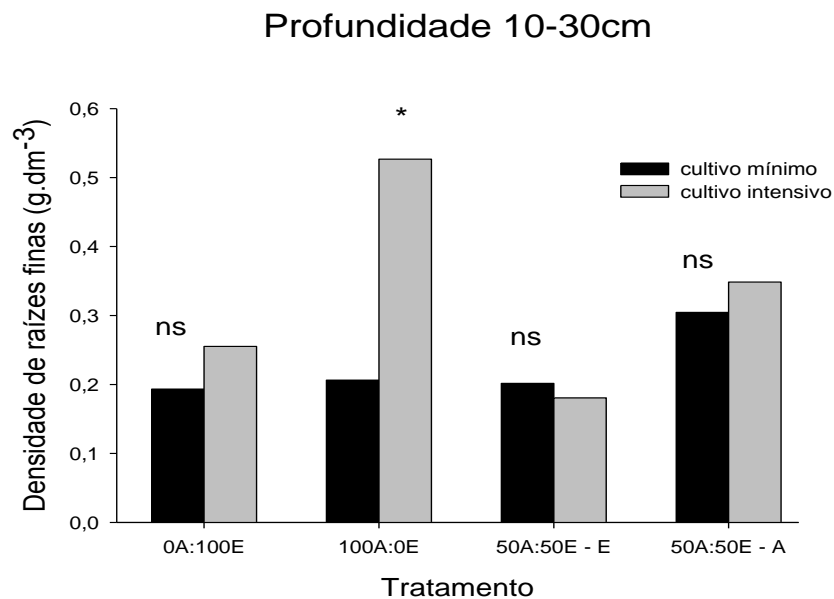


Figura 5: Densidade de raízes finas em cada tratamento para a profundidade de 10-30 cm comparando os cultivos mínimo e intensivo, indicando em cada tratamento representado por ns se não houve diferença significativa e por * se houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P < 0,005$).

5 CONCLUSÕES

A realização de diferentes tipos de manejos não apresentaram diferenças significativas entre si, salvo na profundidade 10-30 cm, onde o manejo intensivo afeta sobre os tratamentos puros de acácia. A introdução da acácia no sistema favorece o desenvolvimento do eucalipto e melhora as condições físicas e químicas do solo. A estratificação do sistema radicular de ambas as espécies com o cultivo misto indica que as espécies podem ocupar diferentes nichos de exploração radicular nos horizontes do solo evidenciando assim um sucesso para esse consórcio. O uso de povoamentos mistos de eucalipto com espécies florestais leguminosas podem ser uma excelente técnica para a produção em áreas submetidas a um intenso processo de degradação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante ressaltar a importância da utilização de atividades de manejo do solo menos intensivas e que promovam menor degradação na implantação dos povoamentos florestais. O cultivo mínimo implica na manutenção dos resíduos vegetais das culturas anteriores e com o tempo este apresenta maior acúmulo de matéria orgânica nas camadas superficiais, trazendo benefícios as espécies implantadas, menores gastos com aplicações de fertilizantes e também menores gastos com preparo do solo, evitando assim a sua degradação.

Estudos sobre melhoramento florestal para a acácia podem fazer dessa espécie mais competitiva com o eucalipto, obtendo assim maior produção do que povoamentos monoespecíficos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALIEIRO, F.C. **Biomassa acumulada e nutrientes na água da chuva em plantios puros e consorciados de *Acacia mangium* Willd., *Pseudosamanea guachapele* Dugrand e *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** 1999. 99 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

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

BALIEIRO, F.C.; FONTES, R.L.F.; DIAS, L.E.; FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M. de. Accumulation and distribution of aboveground biomass and nutrients in pure and mixed stands of *guachapele* and *eucalyptus*. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 25, n. 12, p. 2639-2654, 2002.

BALIEIRO, F.C.; DIAS, L.E.; FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.; FARIA, S.M.. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na manta orgânica e decomposição de filóides de *Acacia mangium* Willd.. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, p. 59-65, 2004.

BAUHUS, J.; KHANNA, P.K.; MENDEN, N. Aboveground and belowground interactions in mixed plantations of *Eucalyptus globules* and *Acacia mearnsii*. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 30, n. 12, p. 1886-1894, 2000.

BAUHUS, J.; VAN WINDEN, A.P.; NICOTRA, A.B. Above-ground interactions and productivity in mixed-species plantations of *Acacia mearnsii* and *Eucalyptus globulus*. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 34, p. 686-694, 2004.

BINKLEY, D.; DUNKIN, K.A.; DEBELL, D.; RYAN, M.G. **Production and nutrient cycling in mixed plantations of eucalyptus and albizia in Hawaii.** For. Sci., 38:393-408, 1992.

BINKLEY, D.; SENOCK, R.; CROMACK, K.J. Phosphorus limitation on nitrogen fixation by *Falcataria* seedlings. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 186, p. 171-176, 2003.

BOUILLET, J.P.; LACLAU, J.P.; GONÇALVES, J.L.M.; MOREIRA, M.Z.; TRIVELIN, P.C.O.; JOURDAN, C.; SILVA, E.V.; PICCOLO, M.C.; TSAI, SUI MUI; GALIANA, A. Mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil. 2. Nitrogen accumulation in the stands and N₂ biological fixation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, 2007.

BOUILLET, J.P.; LACLAU, J.P.; GONÇALVES, J.L.M.; MOREIRA, M.Z.; TRIVELIN, P.C.O.; JOURDAN, C.; SILVA, E.V.; PICCOLO, M.C.; TSAI, S.M.; GALIANA, A.. Mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil2:

Nitrogen accumulation in the stands and biological N₂ fixation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, p. 3918-3930, 2008.

BOUILLET, J.-P.; LACLAU, J.-P.; GONCALVES, J.L.M.; VOIGTLAENDER, M.; GAVA, J.L.; LEITE, F.P.; HAKAMADA, R.; MARESCHAL, L.; MABIALA, A.; TARDY, F.; LEVILLAIN, J.; DELEPORTE, P.; EPRON, D.; NOUVELLON, Y. Eucalyptus and Acacia tree growth over entire rotation in single-and mixed-species plantations across five sites in Brazil and Congo. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.019>. 2012.

COELHO, S.R. DE F.; GONÇALVES, J.L. DE M.; MELLO, S.L. DE M. et al. Growth, nutrition and biological fixation of nitrogen in mixed-species plantations of eucalypt with leguminous trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 759–768, 2007.

COELHO, S.R.F.; GONÇALVES, J.L.M.; MELLO, S.L.M.; MOREIRA, R.M.; SILVA, E.V.; LACLAU, J.-P. Crescimento, nutrição e fixação biológica de nitrogênio em plantios mistos de eucalipto e leguminosas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.759-768, 2007.

DEBELL, D.S.; COLE, T.C.; WHITESELL, C.D. Growth, development, and yield of pure and mixed stands of *Eucalyptus* and *Albizia*. **Forest Science**, Washington, DC, v. 43, p. 286-298, 1997.

FAO. **Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics**. Rome, 1992. 152 p. (FAO Forestry Paper, 103).

FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; COWIE, A.L. On the success and failure of mixed-species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 209, p. 147-155, 2005.

FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; KHANNA, P.K. Growth dynamics in a mixed-species plantation of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 81-85, 2004.

FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; COWIE, A.L.; VANCLAY, J.K. Mixed-species plantations of *Eucalyptus* with nitrogen-fixing trees: a review. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, 2006. doi:10.1016/j.foreco.2006.05.012.

GAMA-RODRIGUES, A.C. **Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos tabuleiros da Bahia, Brasil**. 1997. 107 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

GONÇALVES, J. L. M.; CARLYLE, J. C.. Modelling the influence of moisture and temperature on net nitrogen mineralization in a forested sandy soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Lisboa, v. 26, p. 1557-1564, 1994.

GONÇALVES, J.L. M.; BARROS, N.F.; NAMBIAR, E.K. S.; NOVAIS, R.F.. Soil and stand management for short-rotation plantations. In: E.K. Sadanandan Nambiar; Alan G. Brown. (Org.). Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests. 1ed. **Camberra: Australian Centre for International Agricultural Research**, 1997, v. 1, p. 379-417.

GONÇALVES, J.L.M; BARROS, N.F. Improvement of site productivity for short-rotation plantations in Brazil. **Bosque**, Valdivia, v. 20, p. 89-106, 1999.

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

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; LACLAU, J.P.; SMETHURST, P.; GAVA, J.L. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypts plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 45-61, 2004.

GUIMARÃES, A. P.; ZUCHELLO, F.; SANT'ANNA, S.A.C.; BALIEIRO, F.C.; CHAER, G. M.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.. **Impacto do uso de leguminosas arbóreas em sistema misto de produção de eucalipto na região de Mata Atlântica sobre as emissões de N₂O do solo**. In: XI Semana Científica Johanna Dobereiner - Mudanças climáticas, desastres naturais e prevenção de riscos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011.

HERBERT, M.A.; SCHÖNAU, A.P.G. Fertilising commercial forest species in Southern Africa: research progress and problems (part 2). **South African Forestry Journal**, Pretoria, v. 152, p. 34-42, 1990.

KHANNA, P.K. Comparison of growth and nutrition of young monocultures and mixed stand of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 94, n. 1/3, p. 105-113, 1997.

KLEINPAUL, I.S.; SCHUMACHER, M.V.; VIERA, M.; NAVROSKI, M.C.. Plantio misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em sistema agroflorestal: I - Produção de biomassa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, p. 621-627, 2010.

KUEFFER, C.; SCHUMACHER, E.; FLEISCHMANN, K.; EDWARDS, P.J.; DIETZ, H. Strong below-ground competition shapes tree regeneration in invasive *Cinnamomum verum* forests. **Journal of Ecology**, 2007 95, 273–282. 2007.

LACLAU, J.P.; TOUSTAIN, F.; M'BOV, A.T.; ARNAUD, M.; JOFFRE, R.; RANGER, J. The function of the superficial root mat in the biogeochemical cycles of nutrients in congolenses eucalyptus plantations. **Annals of Botany**, Oxford, v. 53, p. 249-261, 2004.

LACLAU, J.P.; RANGER, J.; DELEPORTE, P.; NOUVELLON, Y.; SAINT-ANDRÉ, L.; MARLET, S.; BOUILLET, J.P. Nutrient cycling in a clonal stand of eucalyptus and an adjacent savanna ecosystem in Congo. 3. Input – output budgets and consequences

for the sustainability of the plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 210, p. 375-391, 2005.

LACLAU, J.P.; BOUILLET, J.P.; GONÇALVES, J.L.M.; SILVA, E.V.; JOURDAN, C.; CUNHA, M.C.S.; MOREIRA, M.R.; SAINT-ANDRÉ, L.; MAQUÈRE, V.; NOUVELLON, Y.; RANGER J. Mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil. 1. Growth dynamics and net primary production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, 2007. No prelo.

LACLAU, J.-P., NOUVELLON, Y., REINE, C., GONÇALVES, J.L.M., KRUSHE, A.V., JOURDAN, C., et al. (2013). Mixing *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* trees leads to transgressive fine root over-yielding and exclusion of the weakest competitor from resource-rich soil layers. **Oecologia**. 172, 903–913. doi: 10.1007/s00442-012-2526-2.

LIMA, C.L.R; PAULETTO, E.A; GOMES, A.S.; HARTWIG, M.P; PASSIANOTO, C.C. Compactação de um Planossolo em função de sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS, v. 12, p. 179-182, 2006

MELLO, S.L.M. **Dinâmica de raízes finas e aporte de carbono no solo sob povoamentos de *Eucalyptus grandis* no Estado de São Paulo**. 2004. 84 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MELLO, S.L.M; GONÇALVES, J.L.M; GAVA, J.L. Pre- and post-harvest fine root growth in *Eucalyptus grandis* stands installed in sandy and loamy soils. **Forest Ecology and Management**, v. 246, p. 186-195, 2007.

MENDONÇA, A.V.R; CARNEIRO, J.G.A; BARROSO, D.G; SANTIAGO, R.A; FREITAS, T.A.S; SOUZA, J.S. Desempenho de quatro espécies de *Eucalyptus* spp. em plantios puros e consorciados com sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) em cava de extração de argila. **Revista Árvore**, Viçosa, 2008; 32(3): 395-405. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000300002>

MEDHURST, J.L.; PINKARD, E.A.; BEADLE, C.L.; WORLEDGE, D. Growth and stem form responses of plantation-grown *Acacia melanoxylon* (R. Br.) to form pruning and nurse-crop thinning. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 179, p. 183-193, 2003.

MONTAGNINI, F. Accumulation in above-ground biomass and soil storage of mineral in pure and mixed plantations in a humid tropical lowland. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 134, p. 257-270, 2000.

MONTAGNINI, F.; GONZALES, E.; PORRAS, C. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. **Commonwealth Forest Review**, Oxford, v. 74, p. 306-314, 1995.

O' CONNELL, A.M; GROVE, T.S; NAMBIAR, E.K.S; COSSALTER, C.; TIARKS, A. Eucalypt plantations in south-western Australia. Site management and productivity in tropical plantation forests. **Workshop Proceedings**, Pietermaritzburg, 1999. p. 53-59.

OLIVEIRA NETO, S.N. de; PAIVA, H.N.. **Implantação e manejo do componente arbóreo em Sistema Agrossilvipastoril**. In: Sílvio Nolasco de Oliveira Neto; Antônio Bartolomeu do Vale; Antônio de Pádua Nacif; Mariana Barbosa Vilar; José Bатуíra de Assis. (Org.). SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL - Integração Lavoura, Pecuária e Floresta. Viçosa, MG: Editora Arka, 2010, v. 01, p. 15-68.

REIS, M.G.; BARROS, N.F.; KIMMINS, J.P. Acúmulo de nutrientes em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex – Maiden) plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades, em Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 1-15, 1987.

SANTOS, V.B. dos; CASTILHOS, D.D; CASTILHOS, R.M.V; PAULETTO, E.A; SILVA, D.G; GOMES, A.S. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n.3, p. 333-338, 2004.

SANTOS, F.M.; SANTOS, A.B.; PICCOLO, M.C.; BALIEIRO, F.C.; CHAER, G.M.. **Estado Nutricional de Eucalyptus urograndis e Acacia mangium (Willd) em plantios puros e consorciados sob diferentes preparos de solo..** In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 2011, Uberlândia, MG. Anais do XXXIII CBCS de 2011, 2011.

SEGURA, T.E.S; ZANAO, M.; SILVA J.R., F.G.. **Potencial da madeira de acácia para a produção de polpa celulósica kraft**. In: XXI Encontro Nacional Tecnicelpa / VI Congresso Iberoamericano de Investigação em Celulose e Papel - CIADICYP 2010, 2010, Lisboa. Anais do XXI Encontro Nacional Tecnicelpa / VI Congresso Iberoamericano de Investigação em Celulose e Papel - CIADICYP 2010, 2010.

SERRANO, M.I.P. **Mineralização, absorção e lixiviação de nitrogênio em povoamentos de Eucalyptus grandis sob cultivo mínimo e intensivo do solo**. 1997. 81 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

SCHIAVO, J. A. et al. **Comportamento de Acacia mangium Willd e Eucalyptus camaldulensis, em plantio puro e consorciado, em áreas degradadas pela extração de argila no Município de Campos dos Goytacazes**. FERTIBIO 2004. Lages: 2004. CD-ROM.

SHIBU, J.; WILLIAMS, R.; ZAMORA, D. Belowground ecological interactions in mixed-species forest plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, 2006. doi: 10.1016/j.foreco.2006.05.014.

SILVA, E.V.; GONCALVES, J.L.M.; COELHO, S.R.F.; MOREIRA, R.M.; JOURDAN, C.; LACLAU, J.-P.. Dynamics of fine root distribution after establishment of monospecific and mixed-species plantations of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium*. **Plant and Soil**, v. 325, p. 305-318, 2009.

SOUZA, C.R.; ROSSI, L.M.B; AZEVEDO, C.P; LIMA, R.M.B. Comportamento da *Acacia mangium* e de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em plantios experimentais na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, Piracicaba - SP, v. 65, p. 95-101, 2004.

VANDERMEER, J. **The ecology of intercropping**. New York: Cambridge University Press, 1989. 249 p.

VEZZANI, F.M.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. & BORTOLÁS, E.P. **Influência do solo e do consórcio com acácia negra no crescimento e composição mineral de eucalipto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Resumos Expandidos. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.890-892.

VEZZANI, F. M. **Aspectos nutricionais de povoamentos puros e mistos de *Eucalyptus saligna* e *Acacia mearnsii***. 1997, 97 f. Dissertação (Mestrado)– Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

VEZZANI, F.M.; BARROS, N.F. & TEDESCO, M.J. **Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira de eucalipto e acácia negra**. R. Ci. UNICRUZ, 1:27-32, 1999.

VEZZANI, F.M.; TEDESCO, M.J.; BARROS, N.F. Alterações dos nutrientes no solo e nas plantas em consórcio de *eucalipto* e *Acácia negra*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 225-231, 2001.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V.; LIBERALESSO, E.. Crescimento e produtividade de povoamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto e acácia-negra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 415-421, 2011.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; LIBERALESSO, E.; CALDEIRA, M.V.W.; WATZLAWICK, L.F. Plantio Misto de *Eucalyptus* spp. com leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.20, p.16-25, 2013.