

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

PLANTIO MISTO DE *Eucalyptus urograndis* E *Acacia mearnsii* EM SISTEMA AGROFLORESTAL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Isabel Sandra Kleinpaul

**Santa Maria, RS, Brasil
2008**

PLANTIO MISTO DE *Eucalyptus urograndis* E *Acacia mearnsii* EM SISTEMA AGROFLORESTAL

por

Isabel Sandra Kleinpaul

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**PLANTIO MISTO DE *Eucalyptus urograndis* E *Acacia mearnsii* EM
SISTEMA AGROFLORESTAL**

elaborada por
Isabel Sandra Kleinpaul

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

Mauro Valdir Schumacher, Dr. nat. techn.
(Presidente/Orientador)

Flávio Luiz Foletto Eltz, Ph.D. (UFSM)

Ivanor Müller, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 17 de julho de 2008.

Dedico este trabalho,
aos meus pais,
Armando Kleinpaul e
Ingride A. Borth Kleinpaul e
aos meus irmãos,
Janes, Joel, Julio e Jéssica.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Programa de Pós - Graduação em Engenharia Florestal, aos professores, funcionários e colegas.

Ao orientador Prof. Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher, pela oportunidade, dedicação e amizade.

Aos co-orientadores, Prof. Dr. Solon Jonas Longhi e Maristela Machado Araújo.

À Votorantim Celulose e Papel, onde cito, os engenheiros florestais, Fausto Rodrigues Alves de Camargo, Arnaldo Geraldo Cardoso, Mauro Riani Fernández e os técnicos agrícolas Leonardo Santos de Souza e Ilvonei Ostebelgue, pelo apoio na realização desta pesquisa.

Aos meus pais e aos meus irmãos, por estarem sempre me apoiando e me incentivando.

Ao Sr. Miguel Bonotto, por ceder área em sua propriedade, para realização da pesquisa.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia Florestal, Eng. Florestais Rudi Witschoreck, Francine Neves Calil, Márcio Viera, Vicente Lopes e aos acadêmicos do curso de Engenharia Florestal Márcio Navroski, Eduardo Londero, Denise Szymczak, Edenilsom Liberalesso, Darlan Bonacina, Joabel Barbieri, Lucas Pissinin, Mirian Valente, Joseane Marafiga, Monique Ferraz e Leonardo Glass, pela amizade e contribuição na realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Ecologia Florestal, pela realização das análises.

Aos amigos, Engenheiros Florestais Eleandro José Brun, Flávia Gizele König Brun, Ângela Simone Freitag e Elizabete Vuaden, pela amizade.

Ao Engenheiro Florestal Maicon Hennerich, pela ajuda nas coletas de dados a campo.

A secretária do Programa de Pós - Graduação em Engenharia Florestal Cerlene da Silva Machado (Tita), pelo apoio e amizade.

A todos meus amigos, agradeço pela amizade.

Muito Obrigada.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

PLANTIO MISTO DE *Eucalyptus urograndis* E *Acacia mearnsii* EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL

AUTORA: ISABEL SANDRA KLEINPAUL
ORIENTADOR: Dr. nat. techn. MAURO VALDIR SCHUMACHER
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 17 de julho de 2008.

O objetivo deste estudo foi avaliar um plantio misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em sistema agroflorestal com milho (*Zea mays* L.). O estudo foi realizado no município de Bagé, em parceria com a VCP (Votorantim Celulose e Papel). A implantação da pesquisa foi em dezembro de 2006, com cinco tratamentos diferentes (T1- 100% eucalipto; T2- 100% acácia-negra; T3- 50% eucalipto + 50% acácia-negra; T4- 75% eucalipto + 25% acácia-negra e T5- 25% eucalipto + 75% acácia-negra), com espaçamento de 4 m x 1,5 m. Foram plantadas 3 linhas de milho, entre as fileiras de eucalipto e/ou acácia-negra. Aos 10 meses de plantio, foi realizado um inventário na área, sendo medidos, o diâmetro do colo e a altura total, para posterior determinação do volume. Na mesma ocasião foi quantificada a biomassa das espécies florestais, que foram separadas por frações (folha, galho e tronco). A biomassa do milho foi coletada no final do ciclo e separada por frações (folha, palha, grão, sabugo e colmo). O plantio homogêneo de eucalipto e acácia-negra, não diferiu em altura e diâmetro do colo em relação ao plantio misto. O volume cilíndrico da acácia-negra, tanto em plantio homogêneo como misto, foi maior que para o eucalipto, pois apresentou maior crescimento inicial. Em plantio misto o tratamento T5 (25E:75A) apresentou o maior acúmulo de biomassa, sendo 35,1% nas folhas, 25,8% nos galhos e 39,1% no tronco. O acúmulo de biomassa para cada fração, teve a seguinte ordem, para T1 e T3: tronco>galho>folha e, para T2, T4 e T5: tronco>folha>galho. Os maiores teores de nutrientes da biomassa das árvores, encontram-se nas folhas, seguidas de galhos e tronco. A acácia-negra em plantio homogêneo, apresentou maior acúmulo de nutrientes, pois teve maior quantidade de biomassa total. A maior porcentagem de grãos de milho, foi observada no T4(75E:25A), com 38,4% da biomassa total deste tratamento. Os grãos, apresentaram os maiores teores para N, P, Mg, B e Zn. No tratamento T4(75E:25A), a cultura do milho exportou mais nutrientes, por apresentar maior produção de grãos.

Palavras-chave: plantio misto; sistema agroflorestal; biomassa; nutrientes.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Post-Graduation Program in Forest Engineering
Universidade Federal de Santa Maria

Eucalyptus urograndis AND *Acacia mearnsii* MIXED STANDS IN AN AGROFORESTRY SYSTEM

AUTHOR: ISABEL SANDRA KLEINPAUL
ADVISER: Dr. nat. techn. MAURO VALDIR SCHUMACHER
Date and Place of the Defense: Santa Maria, July 17th 2008.

This study had as objective to evaluate a mixed stand of *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii* in an agroforestry system with corn (*Zea mays* L.). The study was conducted in Bagé county, in a partnership with VCP (Votorantim Celulose e Papel) company. The study was installed in December 2006, with five different treatments (T1- 100% eucalyptus; T2- 100% black-wattle; T3- 50% eucalyptus+ 50% black-wattle; T4- 75% eucalyptus + 25% black-wattle and T5- 25% eucalyptus + 75% black-wattle), with 4 m x 1,5 m planting space. Three lines of corn were planted, between the eucalyptus and/or black-wattle lines. 10 months after the installation, a inventory was done, where all the stem diameters and the total height were measures, for further volume determination. At the same time the biomasses from forest species were quantified, they were separated in fractions (leave, branch and stem). Corn biomass was collected in the end of the cycle and separated in fractions (leave, straw, grain, corn cob and stem). Homogeneous eucalyptus and black-wattle stands did not differ in height and stem diameter related to mixed stand. Black-wattle cylindrical volume, both in homogeneous and mixed stand was higher for eucalyptus, because showed a highest initial growth. In mixed stands, the treatment T5 (25E:75A) showed a highest biomass accumulation, being 35,1% in the leaves, 25,8% in branches and 39,1% in stem. Biomass accumulation for each fraction, had the following order, for T1 and T3: stem>branch>leaf and, for T2, T3, T4 and T5: stem>leaf>branch. The highest levels of nutrients in trees biomass, are in the leaves, followed by branches and stem. Black-wattle in homogeneous stands, showed highest nutrients accumulation, because it had the highest amount of total biomass. The highest percentage of corn grains was observed in T4 (75E:25A), with 38,4% from the total biomass of this treatment. Grains showed the highest amounts for N, P, Mg, B and Zn. In treatment T4 (75E:25A), corn exported more nutrients, because showed the highest grain production.

Key-words: mixed planting, agroforestry system, biomass, nutrients.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Tratamentos empregados na pesquisa.....	29
TABELA 2 – Análise química do solo da área experimental.....	34
TABELA 3 - Altura de eucalipto e acácia - negra, em plantio homogêneo e misto, aos 10 meses de idade.....	43
TABELA 4 - Diâmetro do colo do eucalipto e acácia-negra, em plantio homogêneo e misto, aos 10 meses de idade.....	45
TABELA 5 - Volume cilíndrico do eucalipto e da acácia-negra, em plantio homogêneo e misto, aos 10 meses de idade.....	46
TABELA 6 - Teores de nutrientes, para folha de eucalipto, acácia-negra e milho, aos 4 meses de idade.....	49
TABELA 7 - Biomassa para cada fração da planta (folha, galho e tronco), em cada espécie e somatório, aos 10 meses de idade.....	51
TABELA 8 - Teores de nutrientes, nos diferentes compartimentos da planta (folha, galho e tronco), aos 10 meses de idade, para eucalipto e acácia-negra.....	55
TABELA 9 - Conteúdo de nutrientes, nos diferentes compartimentos da planta (folha, galho e tronco), e total para eucalipto e acácia-negra, aos 10 meses de idade.....	57
TABELA 10 - Biomassa dos diferentes compartimentos do milho.....	62
TABELA 11 - Produção de grãos em porcentagem, para cada fileira de milho, nos 5 tratamentos. As fileiras A e C estão mais próximas das árvores e B é a fileira do centro, mais afastada das árvores.....	63
TABELA 12 - Teores de nutrientes para cultura agrícola (milho), nas suas frações (folha, grão, colmo, palha e sabugo).....	66
TABELA 13- Teores médios de nutrientes no milho para cada fração (folha, grão, colmo, palha e sabugo).....	67
TABELA 14 - Conteúdo de nutrientes no milho, nas suas frações (folhas, grãos, colmo, palha e sabugo) e no total.....	70
TABELA 15– Exportação de nutrientes na colheita do milho nos cinco tratamentos.....	73

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Área da pesquisa: A) Mapa do Estado do Rio Grande do Sul, localizando o município de Bagé. B) Aspecto geral da área, antes de ser implantado o experimento.....	28
FIGURA 2 - Aspecto das mudas utilizadas no plantio: A) Mudas de eucalipto produzidas em tubete; B) Mudas de acácia - negra produzidas em laminado.....	30
FIGURA 3 - Croqui da área da pesquisa, com seus devidos blocos e tratamentos.....	31
FIGURA 4 - Detalhes dos tratamentos. A) T1 (100E + milho); B) T2 (100A + milho); C) T3(50E:50 A + milho); D) T4 (75E:25A + milho); E) T5 (25E:75A + milho).....	31
FIGURA 5 - Detalhes dos espaçamentos do plantio.....	32
FIGURA 6 - Detalhes de medição do diâmetro do colo (DC), aos 10 meses de idade. A) Medindo DC de um exemplar de acácia-negra; B) Medindo DC de um exemplar de eucalipto.....	36
FIGURA 7 - Detalhes de medição de altura total (H), realizado aos 10 meses de idade. A) Medindo H e DC de um exemplar de acácia - negra; B) Medindo H de um exemplar de eucalipto.....	36
FIGURA 8 - Detalhes do material sendo separado para determinação da biomassa. A e B) separação das frações folhas, galhos e tronco de um exemplar de acácia-negra; C) um exemplar de acácia-negra separado em frações; D) um exemplar de eucalipto separado por frações.....	37
FIGURA 9 - Aspectos das frações separadas e sendo pesadas em balança de precisão. A) Fração folhas; B) Galhos; C) Tronco.....	38
FIGURA 10 - Aspectos da área da pesquisa. A) Plantio de Acácia-negra; B) Plantio de Eucalipto; C) Amostra da biomassa de milho, onde todo o material foi separado por frações.....	39
FIGURA 11 - Aspectos do material coletado, separados por frações no campo: A) Folhas; B) Colmo; C) Espiga.....	39
FIGURA 12 - Aspectos do material coletado, sendo pesados em balança de precisão, separados por frações no campo: A) Folhas; B) Colmo; C) Espiga.....	40

FIGURA 13 - Aspectos das espigas separadas por fração: A) Grão; B) Sabugo; C) Palha.....	40
FIGURA 14 – Análise do sistema agroflorestal.....	75

LISTA DE SIGLAS

SAF's – sistemas agroflorestais

DC – diâmetro do colo

H – altura total

m^3/ha – metros cúbicos por hectare

CV – coeficiente de variação

$Mg\ ha^{-1}$ – megagramas por hectare, o mesmo que toneladas por hectare

$g\ kg^{-1}$ – gramas por quilograma

$mg\ kg^{-1}$ – miligramas por quilograma

$kg\ ha^{-1}$ – quilogramas por hectare

$g\ ha^{-1}$ – gramas por hectare

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise de variância para a altura total (m) de eucalipto em plantio homogêneo e em plantio misto, aos 10 meses de idade.....	86
APÊNDICE B – Análise de variância para a altura total (m) de acácia-negra em plantio homogêneo e em plantio misto, aos 10 meses de idade.....	86
APÊNDICE C – Análise de variância para diâmetro do colo (cm) de eucalipto em plantio homogêneo e em plantio misto, aos 10 meses de idade.....	86
APÊNDICE D – Análise de variância para diâmetro do colo (cm) de acácia-negra em plantio homogêneo e em plantio misto, aos 10 meses de idade.....	86
APÊNDICE E – Análise de variância para o volume cilíndrico (m ³ /ha) de eucalipto em plantio homogêneo e em plantio misto, aos 10 meses de idade.....	87
APÊNDICE F – Análise de variância para o volume cilíndrico (m ³ /ha) de acácia-negra em plantio homogêneo e em plantio misto, aos 10 meses de idade.....	87
APÊNDICE G – Análise de variância para o volume cilíndrico (m ³ /ha) de total, para plantio homogêneo de eucalipto e/ou acácia-negra, e em plantio misto, aos 10 meses de idade.....	87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Nutrientes no ecossistema florestal	17
2.2 Plantio misto	20
2.3 Sistema agroflorestal	22
2.3.1 Sistema agroflorestal com milho (<i>Zea mays</i> L.).....	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 Caracterização da área experimental	28
3.2 Delineamento experimental	29
3.3 Instalação da pesquisa	29
3.3.1 Plantio do componente arbóreo.....	29
3.3.2 Semeadura do componente agrícola (milho – <i>Zea mays</i> L.).....	32
3.3.3 Manutenção da área experimental.....	33
3.3.4 Coleta de dados.....	33
3.3.4.1 Coleta de solo.....	33
3.3.4.1.1 Análise química.....	34
3.3.4.2 Coleta de folhas	35
3.3.4.3 Dados dendrométricos	35
3.3.4.4 Biomassa acima do solo	37
3.3.4.5 Biomassa da parte aérea do milho	38
3.3.5 Análise estatística.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 Componente arbóreo	42
4.1.1 Crescimento da parte aérea das plantas.....	42
4.1.1.1 Altura	42
4.1.2 Diâmetro do colo.....	44
4.1.3 Volume cilíndrico.....	46
4.1.4 Nutrientes nas folhas.....	48
4.1.5 Biomassa do componente arbóreo.....	50
4.1.6 Teores de nutrientes no eucalipto e na acácia-negra.....	53

4.1.7 Conteúdo de nutrientes no eucalipto e na acácia-negra.....	56
4.2 Componente agrícola.....	61
4.2.1 Biomassa.....	61
4.2.2 Teor de nutrientes.....	64
4.2.3 Conteúdo de nutrientes.....	68
4.3 Implicações ecológicas do sistema agroflorestal.....	71
5 CONCLUSÃO.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
APÊNDICES.....	85

1 INTRODUÇÃO

Conforme Medrado (2000), a única solução para alimentar a população mundial crescente é uma agricultura que use insumos industriais, mecanização e recursos biotecnológicos. O mesmo autor comenta que esse modelo, posto em prática em países subdesenvolvidos, onde geralmente o nível educacional no setor rural é baixo, e as inovações biotecnológicas que chegam ao campo são reduzidas, ao invés de trazer os benefícios esperados, tem causado significativas perdas das florestas e dos solos, em virtude da derrubada e queima e da mecanização intensiva, que provoca erosão, desertificação, salinização e outros processos de degradação ambiental.

Devido à modernização da agricultura e da pecuária, houve uma expansão da fronteira cultivada e um aumento da produção e da produtividade de cultivos agrícolas e pastagens, tendo esse desenvolvimento provocado uma drástica substituição da cobertura florestal natural por áreas agrícolas e pecuárias, reduzindo a oferta de produtos florestais, além de aumentar os processos de erosão das terras e de poluição das águas (RODIGHERI, 2000).

Para reduzir a pressão sobre as florestas nativas, foram introduzidas espécies exóticas, de rápido crescimento, para suprir a necessidade por madeira. Já se fala em apagão verde, em falta de madeira. Para que não se esgotem as reservas, com os plantios já existentes, é preciso buscar novas técnicas de manejo que aumentem a produtividade, sem esgotar o solo.

Em uma propriedade, o plantio de árvores, geralmente é deixado em segundo plano, para não ocupar áreas destinadas à agricultura, e quando são plantadas, essas ocupam área menos nobres, como áreas com fertilidade baixa ou degradadas e áreas inclinadas.

Novas alternativas, para incentivar o plantio de espécies arbóreas, seriam plantios mistos, onde se podem plantar duas ou mais espécies intercaladas na mesma área, tanto espécies exóticas ou nativas, como implantar sistemas agrosilvipastoris, onde são intercalados, árvores, culturas agrícolas, e/ou pastagem e animais.

No Brasil o plantio de florestas, destina-se principalmente à produção de papel, celulose e indústria moveleira, mas o sistema agroflorestal está

começando a ser difundido. Em outros países, a associação de espécies florestais com pastagem tem sido uma alternativa muito estudada e difundida (MEDRADO, 2000).

De acordo com Lopes e Garcia (2002), a vantagem de consorciar culturas agrícolas e pastagens com uma cultura florestal está em se explorar níveis mais profundos do solo. Essa combinação, segundo os autores, permite que as raízes das árvores, que se desenvolvem mais profundamente, absorvam nutrientes que no futuro serão incorporados à camada mais superficial do solo, por meio das folhas das árvores que caem naturalmente e ramos que serão retirados durante as podas de condução. Já as culturas agrícolas de ciclo curto, possuem raízes mais superficiais, beneficiando-se da matéria orgânica produzida pelas árvores.

Nesse sistema de consorciação, pode-se fazer uso de mais de uma espécie na mesma área, utilizando-se uma mistura de espécies de rápido crescimento, visando à ciclagem de nutrientes, fixação de nitrogênio, alimentação do gado e produção de madeira para lenha, e também espécies de crescimento mais lento, consideradas mais nobres, que serão beneficiadas pelo sombreamento no início do seu crescimento, poderão produzir madeira de alta qualidade. Quando acabar o ciclo das espécies de rápido crescimento, abrirá espaço para as demais espécies terminarem seu ciclo de desenvolvimento (LOPES e GARCIA, 2002).

Num Sistema Agroflorestal Sucessional completo, bem elaborado, com manejo adequado, comentam, não existem danos econômicos com pragas e doenças e a demanda por mão-de-obra é bem reduzida (SIQUEIRA et al., 2006).

Os sistemas agroflorestais (SAF's) são adequados do ponto de vista de melhor aproveitamento da energia solar, proteção do solo, produção de biomassa e geração de recursos (MARQUES, 1990).

Os SAF's possuem a função social de fixar o homem no campo, principalmente pela demanda de mão-de-obra e ausência de sazonalidade sendo sua distribuição mais uniforme durante o ano (tratos culturais e colheita ocorrem em épocas diferentes), e da melhoria das condições de vida, promovida pela diversidade de produção (produtos agrícolas, florestais e animais) (SIQUEIRA et al., 2006).

Considerando tais aspectos, o presente estudo teve como objetivo, avaliar a interação do plantio misto de *Eucalyptus urograndis* (clone do *E. urophylla* S. T. Blake x *E. grandis* W. Hill ex Spreng) com *Acacia mearnsii* De Wild (Acácia-negra), como também a integração com sistema agroflorestal, tendo os seguintes objetivos específicos:

- quantificar a biomassa do eucalipto, da acácia-negra e da cultura agrícola (milho);
- quantificar o volume de madeira do eucalipto e da acácia-negra aos 10 meses de idade;
- verificar a quantidade e teor de nutrientes nas frações: folhas, galhos e tronco das espécies florestais;
- verificar a quantidade e teor de nutrientes nas frações: grãos, sabugo, palha, colmo e folhas para a cultura agrícola.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Nutrientes no ecossistema florestal

As principais entradas de nutrientes no ecossistema florestal ocorrem via intemperismo, precipitação, fixação assimbiótica e simbiótica de nitrogênio e fertilização. Já a saída de nutrientes ocorre via lixiviação, erosão, volatilização e remoção do material orgânico, com a exploração de diferentes partes da planta, retirado da manta florestal (Reis e Barros, 1990). Os autores mencionados ainda comentam que a intensidade de perdas de nutrientes por meio da lixiviação depende do tipo de manejo imposto ao ecossistema, onde essas perdas podem aumentar consideravelmente após a exploração, especialmente quando há queima de resíduos orgânicos, seguida de chuva de alta intensidade.

Em ecossistemas florestais naturais, quando há declínios da disponibilidade de fatores de crescimento, como queda de fertilidade do solo, a comunidade florestal se adapta às novas condições ambientais através da substituição de espécies. Já em plantações florestais, as árvores respondem às mudanças ambientais, através da produtividade (GONÇALVES et al., 2005).

Para que um sítio possa permitir o crescimento contínuo e sustentado das árvores, deve apresentar um capital de nutrientes que seja suficiente para a exploração da floresta e para o crescimento das rotações sucessivas (LIMA, 1996). O autor comenta que essa disponibilidade contínua de nutrientes, do ponto de vista global, deve ser equacionada em termos da dinâmica da ciclagem de nutrientes, que envolve mecanismos de entradas, de transferências internas e de perdas de nutrientes. O autor ainda ressalta que, em florestas naturais, esse mecanismo é conservativo, no sentido de que o ecossistema se encontra em condições de equilíbrio dinâmico, onde a produtividade primária é alta, mas muito pouco dessa produção é armazenada, ao contrário, a maior parte é consumida na respiração e pela atividade dos organismos heterotróficos do ecossistema.

Os nutrientes são normalmente adicionados ao sítio através da precipitação, do intemperismo e, para o nitrogênio, através da fixação biológica. A fertilização mineral representa uma forma artificial de incorporação de nutrientes ao sítio, sendo que as perdas ocorrem através da exploração das árvores, da erosão, da lixiviação e da volatilização (LIMA, 1996).

Schumacher e Poggiani (2005) afirmam que a ciclagem de nutrientes em florestas, ou mesmo plantações, pode ser analisada por meio da compartimentalização da biomassa acumulada nos diferentes estratos e a quantificação das taxas de nutrientes que se movimentam entre seus compartimentos, pela produção de serapilheira, sua decomposição, lixiviação e outros. Podem ser considerados, como compartimentos da floresta: a biomassa acima do solo das árvores, a serapilheira, a biomassa das raízes, o solo, entre outros.

Conforme Pritchett (1990), a exploração de nutrientes por uma árvore é influenciada pela espécie, pela cobertura e pelas condições de solo e clima.

As folhas caracterizam-se como o mais importante compartimento metabólico das árvores. A distribuição e o conteúdo total de nutrientes na copa das árvores são afetados principalmente, por alterações na qualidade de biomassa, em seus diferentes estágios fisiológicos (BELLOTE e SILVA, 2005).

As espécies florestais, nos primeiros meses de seu plantio, acumulam pequenas quantidades de nutrientes, sendo que, nesse período, as plantas alocam grande quantidade de fotossimiladores e nutrientes existentes em sua copa para a síntese de raízes. Após a adaptação das plantas a campo, começa a fase de intenso crescimento e acúmulo de nutrientes, elevadas taxas de absorção que se relacionam diretamente com a idade. Já após o fechamento das copas, o acúmulo de nutrientes ocorre com mais intensidade nos troncos, uma vez que a formação das copas atinge uma fase de relativa estabilidade, pois o auto-sombreamento impõe uma área foliar máxima limite (GONÇALVES et al., 2005).

De acordo com Reis e Barros (1990), a quantidade de nutrientes absorvidos depende da espécie, da taxa de crescimento e de condições climáticas e edáficas que influenciam a disponibilidade do nutriente para as plantas. A exigência de uma espécie em comparação a outra pode variar de nutriente para nutriente, o que representa uma característica importante na seleção de sítios para o plantio e na determinação de quantidade e parcelamento de adubação.

As folhas são a fração da árvore que melhor reflete o seu estado nutricional, com relação significativa entre a disponibilidade nutricional no solo e os seus teores nas folhas, relação esta que afeta diretamente a produtividade (BELLOTE e SILVA, 2005).

Para Reissmann e Wisnewski (2005), a qualidade do sítio está relacionado aos fatores climáticos, edáficos e biológicos, tendo influência no crescimento da floresta, onde os teores ou conteúdos de nutrientes, acompanham a produção de biomassa.

A serapilheira das plantas é o principal responsável pela formação da matéria orgânica do solo nos ecossistemas florestais. Diferentes relações C/N, teores de lignina e outros, irão interferir significativamente nessa composição, pois cada material será preferencialmente depositado por um grupo diferente de microorganismos (FREIXO et al., 2000).

A manutenção do estoque de nutrientes minerais no solo, como também da produtividade de biomassa das florestas de rápido crescimento, está relacionada com o processo da ciclagem de nutrientes (SCHUMACHER e HOPPE, 1997).

A ciclagem de nutrientes é um dos aspectos fundamentais para a manutenção da produtividade florestal. Esse fenômeno é mais ou menos afetado, de acordo com a intensidade das técnicas de manejo de solo e silviculturais adotadas (REIS e BARROS, 1990).

Espécies florestais de crescimento lento, principalmente da parte aérea, são mais capazes de suprir suas necessidades de nutrientes nos solos de baixa disponibilidade de nutrientes. Já em condições de boa fertilidade do solo, as espécies de crescimento lento sofrem mais na competição por água e nutrientes com as plantas invasoras (GONÇALVES et al., 2005).

Na colheita de árvores mais velhas, com cerne mais espesso, e a manutenção das cascas sobre o terreno reduzem consideravelmente a exportação de nutrientes e contribuem com matéria orgânica para o solo, prolongando a sustentabilidade da produtividade florestal (BELLOTE e SILVA, 2005).

A demanda por nutrientes, conforme Furtini Neto et al. (2005), varia entre espécies, estação climática e estágio de crescimento e é mais intensa na fase inicial de crescimento das plantas.

Zaia e Gama-Rodrigues (2004) avaliaram eventuais diferenças na ciclagem e no balanço de nutrientes em povoamentos de três espécies de eucalipto e

constatarem maior porção de biomassa alocada no tronco (87,92%). As maiores quantidades de N, P e K foram encontradas no lenho e as de Ca e Mg, na casca. Os resultados evidenciaram que as espécies de eucalipto distinguem-se marcadamente na intensidade de ciclagem bioquímica e biogeoquímica e no balanço de nutrientes.

2.2 Plantio misto

O plantio misto de *Eucalyptus* com espécies arbóreas fixadoras de nitrogênio, tem potencial para aumentar a produtividade, mantendo a fertilidade do solo, sendo mais eficientes que monoculturas de *Eucalyptus* (FORRESTER et al., 2006).

Na Austrália, a *Acacia mearnsii* cresce em sub-bosque de bosques altos e abertos, dominados por *Eucalyptus sp.* Em áreas de planície costeiras cresce com *E. ovata*, *E. saligna*, *E. globulus* e *E. viminalis*. Em área com altitudes altas, associa-se com *E. cypellocarpa*, *E. radiata* e *E. viminalis* (KANNEGIESSER, 1990).

No consórcio de uma leguminosa arbórea com eucalipto, a utilização do solo é maior, tanto física como quimicamente, em função das diferenças no sistema radicular e na exigência nutricional das espécies. Além desses efeitos, aumenta a quantidade de nitrogênio do solo pela fixação simbiótica, pois a serapilheira formada a partir dessas plantas, será mais rica em nitrogênio, o que torna a decomposição dos resíduos vegetais mais rápida, em função da maior disponibilidade de nitrogênio para a atividade microbiana (VEZZANI, 1997).

Vários trabalhos mostram os efeitos positivos dos plantios puros em consórcio com a acácia e outras espécies florestais (BALIEIRO et al., 1999).

Salgado et al. (2006) avaliaram a fertilidade do solo de plantios compostos de café (*Coffea arabica* L.) com ingazeiros (*Inga vera* Will) e grevíleas (*Grevilea robusta* A. Cunn), como também cafeeiros a pleno sol. Os autores concluíram que, embora tenha havido diferenças entre alguns elementos estudados, as características químicas dos solos nos três sistemas não foram severamente afetadas.

Os componentes arbóreos presentes na lavoura cafeeira, além de favorecerem incrementos na produtividade dos cafeeiros, mantêm relação ecológica altamente positiva com esses ambientes, aumentando a biodiversidade e

favorecendo a presença de espécies que normalmente não ocorrem nos monocultivos de cafeeiro (SALGADO et al., 2006).

Forrester et al. (2005) citam um estudo realizado por Bauhus et al. (2004) e Forrester et al. (2004), onde o plantio misto de *Eucalyptus globulus* com *Acacia mearnsii*, foi significativamente mais produtivo que monoculturas das mesmas espécies em biomassa, volume de madeira e seqüestro de carbono.

Em um estudo realizado por Forrester et al. (2004), na Austrália, com plantio misto de *Eucalyptus globulus* com *Acacia mearnsii*, os autores encontraram maiores alturas, diâmetros, volumes e maior biomassa, nos plantios misturados, quando comparados com monoculturas, dos 3 aos 4 anos de plantio. Também havia maior quantidade de serapilheira sobre o solo, nos plantios mistos, o que aumentou a quantidade de nitrogênio e fósforo no solo, devido à serapilheira proveniente da *Acacia mearnsii*.

Pezzopane et al. (2003) realizaram observações microclimáticas, em cultivo de café a pleno sol e consorciado com coqueiro-anão-verde, em Garça – SP. As plantas de coqueiro-anão-verde promoveram atenuação da incidência da radiação solar global sobre as plantas de café, que variou de 45% na primavera e verão a 38% no período do outono e inverno, com média de 42% ao longo do ano. O sistema consorciado também reduziu a velocidade do vento em valores que variaram de 60 a 99% em comparação ao cultivo a pleno sol.

Em plantio misto de *Eucalyptus globulus* com *Acacia mearnsii*, na Austrália, Forrester et al. (2006) constataram que eram duas vezes maior a quantidade de biomassa em plantio misto que em monocultura, aos 11 anos de idade. Segundo os autores, isso se deve ao fato de haver maior disponibilidade de nitrogênio e fósforo, na ciclagem de nutrientes neste consórcio. O estudo ainda mostrou, que plantios mistos têm maior potencial para seqüestrar carbono que monoculturas.

Bristow et al. (2006) avaliaram o crescimento e interações de *Eucalyptus pellita*, em monocultura e plantio misto, nos trópicos úmidos do norte de Queensland, na Austrália. Os autores constataram que o *Eucalyptus pellita*, apresentou um crescimento positivo, quando em plantio misto com *Acacia peregriana*. Os autores ainda comentam que plantios mistos podem aumentar a produção de madeira e produzirem árvores mais valiosas.

Para Piotto (2008), o plantio misto de espécies florestais, além de encurtar as rotações, traz benefícios ecológicos. O autor ainda ressalta que, plantios mistos com

espécies fixadoras de nitrogênio deveriam ser utilizados para recuperar áreas degradadas.

A adoção de plantios consorciados em solos de baixa fertilidade, pode representar maior capacidade de uso dos nutrientes, sendo que esses nutrientes, quando incorporados à biomassa e devolvidos ao solo, via serapilheira, podem ser reabsorvidos por aquelas plantas cujas raízes nem sempre teriam capacidade de retirá-los das camadas mais profundas (COÊLHO, 2006).

2.3 Sistema agroflorestal

A Embrapa Florestas define “Sistemas Agroflorestais” dessa forma: “um sistema de manejo sustentado da terra que aumenta o seu rendimento, combinando a produção de plantas florestais com cultivos agrícolas e/ou animais, simultânea ou consecutivamente, de forma deliberada, na mesma unidade de terreno, envolvendo práticas de manejo em consonância com a população local”.

Para Dossa et al. (2000), o processo evolutivo da agricultura brasileira mostra um grande incremento no volume de produção de grãos, leite, suínos e aves nas pequenas propriedades rurais. E isso tem sido uma conseqüência da demanda interna por alimentos e da necessidade de aumentar a renda das famílias que moram no meio rural. Mas as propriedades vêm enfrentando dificuldades em função da redução dos preços dos produtos primários, tanto pela incorporação de produtos competitivos, quanto pela falta de uma política que sustente a produção agrícola.

Rodigheri e Graça (1996) citado por Dossa et al. (2000), considerando tais dificuldades, surgem novas alternativas de produção nas propriedades rurais, como o plantio de árvores associado ao de grãos, ou seja, sistemas agroflorestais. Estes são definidos como a combinação de espécies arbóreas com culturas anuais e/ou perenes, que permitam a produção de alimentos. Os autores ainda comentam que os sistemas agroflorestais contribuem para a ampliação de cobertura florestal, produção de lenha e produção de madeira.

Para Lima (1996), a agrossilvicultura é vista como uma alternativa promissora para as propriedades rurais dos países do Terceiro Mundo, pela integração da floresta com as culturas agrícolas e com a pecuária. Ela oferece uma alternativa

para enfrentar os problemas crônicos de baixa produtividade, de escassez de alimentos e de degradação ambiental generalizada.

Em sistemas agroflorestais, é importante a escolha adequada do espaçamento, e isso depende a prioridade do agricultor, cultura agrícola ou a florestal. O plantio pode ser com maior densidade, privilegiando a cultura florestal e prevendo-se desbastes com as árvores ainda em início de desenvolvimento. O plantio também pode ser em menor densidade, privilegiando a cultura agrícola, aí não será necessário realizar desbastes na área.

Ouriques et al. (2006) avaliaram a quantidade de carbono na biomassa vegetal e no solo de um sistema agroflorestal com bracatinga, nos municípios de Colombo e Bocaiúva do Sul – PR. Os autores encontraram para a biomassa vegetal total, no primeiro ano, 21,98 Mg ha⁻¹ de carbono, aumentando para 35,3 Mg ha⁻¹, 46,57 Mg ha⁻¹ e 60,9 Mg ha⁻¹ para 3, 5 e 8 anos, respectivamente, sendo que o maior estoque de carbono foi aos 8 anos.

Conforme o estudo de Ouriques et al. (2006), em apenas oito anos, o sistema agroflorestal com bracatinga capturou da atmosfera, transportou e armazenou na biomassa vegetal, uma quantidade de 60,9 Mg ha⁻¹ de carbono. No solo, a maior quantidade de carbono foi encontrada na camada de 0-10 cm, ou seja, mais próximo à superfície, sendo que as quantidades de carbono total armazenada, foram maiores no solo, quando comparados à biomassa vegetal. Os autores ainda comentam que esses dados mostram a importância dos sistemas agroflorestais no seqüestro de carbono e, conseqüentemente, redução do efeito estufa no planeta. A maior contribuição do sistema agroflorestal para o incremento de carbono no solo ocorreu na camada de 0-10 cm, devido à alta deposição de biomassa.

Pomianoski et al. (2006), estudando as perdas de solo e água em sistema agroflorestal, com bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) em diferentes declividades e manejos, constataram que o sistema agroflorestal da bracatinga no manejo tradicionalmente adotado com uso do fogo, aumenta as perdas de solo e água no primeiro ano após a colheita, principalmente nos três meses após a queima. Já quando o sistema agroflorestal com bracatinga foi adotado sem o uso de queima, não apresentou perdas de solo e água significativamente maiores do que a mata nativa remanescente, na declividade de 20%.

Conforme este estudo, pode-se concluir que sistemas agroflorestais são eficientes na conservação do solo e da água, quando manejados adequadamente e, principalmente, sem o uso do fogo.

Devido às queimas provocadas nas florestas, para a implantação da agricultura em Quintana Roo no México, foram reduzidas a fertilidade do solo, rendimentos das colheitas, biodiversidade e a vegetação da floresta madura, (Clerck e Negreros-Castillo, 2000). Conforme esses autores, estudos mostraram que, para não danificar a floresta, podem ser usados sistemas agroflorestais que imitam os processos dos ecossistemas locais, para promover o bem-estar dos fazendeiros, enquanto protegem e preservam os recursos naturais.

Lopes e Almeida (2002) realizaram um trabalho na região dos vales dos rios Caí e Taquari, no Rio Grande do Sul, onde fizeram uma análise de sustentabilidade comparativa de sistemas de produção agrícola, particularmente de sistemas agroflorestais e de arranjos institucionais através dos quais esses sistemas produtivos são concebidos, implementados e desenvolvidos. Os principais sistemas desenvolvidos na região são: espécies florestais exóticas acácia negra, eucalipto + cultivos de subsistência (milho, feijão, mandioca, batata inglesa); espécies florestais exóticas + melancia; espécies florestais exóticas + gado; frutas cítricas + espécies florestais; frutas cítricas + cultivos de subsistência; e erva-mate + cultivos de subsistência.

Dentre todos os sistemas agroflorestais estudados, os autores citados encontram melhores resultados para os sistemas acácia negra/ eucalipto + melancia; citros + espécies florestais nativas e acácia/eucalipto+gado, ou seja, esses sistemas apresentaram os maiores índices de sustentabilidade.

No Brasil e no mundo, diversas experiências sobre a utilização de espécies leguminosas nos diferentes sistemas agroflorestais já foram relatadas e um dos exemplos que tem mostrado resultados satisfatórios é a arborização de pastagens (SILVA et al., 2006).

A integração das espécies deve levar em consideração as características das plantas, tanto no que diz respeito ao melhor aproveitamento da radiação solar, da água e dos nutrientes quanto aos aspectos relacionados com a época de produção de frutos (CARVALHO, 2006).

Carvalho (2006) ainda ressalta que a utilização de espécies frutíferas em sistemas agroflorestais é viável desde que sejam manejadas corretamente.

Essas espécies, desde que selecionadas adequadamente, considerando sua integração com os demais componentes do sistema, podem ser utilizadas em SAF's de subsistência e em SAF's comerciais.

Em sistemas agroflorestais, normalmente do segundo ano em diante, a restrição luminosa nas entrelinhas torna-se acentuada e limitante para o desenvolvimento normal e produção econômica da maioria das culturas anuais consorciadas. Sendo assim, recomenda-se espaçamentos mais amplos para proporcionar maior luminosidade nas entrelinhas, garantindo também melhor qualidade e maior valorização do produto florestal (REIS e MAGALHÃES, 2006).

Para Marques (1990), o componente florestal é considerado, dentro dos sistemas consorciados, um elemento estrutural e produtivo básico, devido aos inúmeros benefícios que oferece, tanto no aspecto ecológico, quanto no econômico.

Silva et al. (2006) consideram importante no manejo de sistemas agroflorestais associarem o período de maior disponibilidade de nutrientes no sistema à prática da poda, com a demanda da cultura de interesse comercial. Pois assim, há um aumento de nutrientes no solo, reduzindo a quantidade aplicada de adubos químicos no mesmo.

Palma et al. (2007) comentam que estão aumentando as adoções de sistemas agroflorestais na Europa, devido aos maiores benefícios ambientais, quando comparados os sistemas agrícolas convencionais. Foram testados sistemas agroflorestais nas regiões mediterrâneas e atlânticas da Europa, onde foi simulado o crescimento de cinco espécies de árvores, a duas densidades, sendo consorciadas com culturas agrícolas. Os autores fizeram simulações no computador que mostraram que os SAF's foram satisfatórios, podendo reduzir a erosão em até 65%. Já a lixiviação do nitrogênio poderia ser reduzido em até 28% e a biodiversidade da área foi aumentada, introduzindo esse sistema.

Além da produção de madeira, os sistemas consorciados protegem o solo contra o impacto da água da chuva, reduzindo os problemas com erosão, reduzem as perdas de água nos períodos mais secos e mais quentes, diminuem os danos causados pelo frio excessivo, aumenta a disponibilidade e melhoria de qualidade da água, ciclagem de nutrientes, melhoria das características químicas e físicas do solo (LOPES e GARCIA, 2002).

Vieira et al. (2003) avaliaram a resposta de cinco espécies arbóreas nativas submetidas a extremos climáticos de geada em um sistema

agroflorestal, na região de Florianópolis, em Santa Catarina, e concluíram que o ingá apresentou o melhor desempenho, sobrevivência e adaptação, mesmo sob ocorrência de um estresse climático como geada. O ingá apresenta alto potencial para compor um sistema agroflorestal nas condições edafoclimáticas estudadas.

2.3.1 Sistema agroflorestal com milho (*Zea mays* L.)

Por sua versatilidade de usos e funções, o milho tem sido cultivado em sistemas agroflorestais (MARQUES, 1990).

Marques (1990) estudou o comportamento de três espécies florestais (*Schizolobium amazonicum* (Hub) Ducke, *Bagassa guinensis* Aubl. e *Eucalyptus tereticornis* Smith), plantadas em consórcio com milho (*Zea mayz* L.) em Paragominas – Pará. Os resultados encontrados pelo autor demonstraram que o crescimento em altura e diâmetro do colo (DC) das espécies florestais foram favorecidos pelo consórcio com o milho, sendo que o *Schizolobium amazonicum* apresentou os maiores valores. A produção de milho que correspondente à média de três anos de cultivo, foi altamente expressiva, embora, no terceiro ano, tenha sido menor em consequência do percentual da área ocupada e da provável competição promovida, tanto pelo sistema radicular, quanto pelas copas das espécies florestais. O autor ainda conclui que o cultivo de milho, no primeiro e no segundo anos, possibilitou a redução de parte dos custos de implantação e condução das espécies florestais em cerca de 21% a 64%, respectivamente. Já no terceiro ano, não respondeu à expectativa para custear as despesas, nem de seu próprio plantio.

Analisando os resultados obtidos por Marques (1990), recomenda-se o plantio de culturas agrícolas consorciadas com florestas, somente no primeiro e segundo anos do plantio, pois a partir do terceiro ano, devido à sombra das copas das árvores, a cultura agrícola fica prejudicada, não cobrindo os custos.

Schneider et al. (1995) em estudo sobre crescimento inicial do *Eucalyptus dunnii* Maiden consorciado com *Zea mayz* L., na região de Santa Maria-RS, constatam que, a cultura do milho em consórcio com o eucalipto causou uma redução significativa no diâmetro do coleto do eucalipto, mas não afetou a altura e,

com isto, aumentou a relação altura/diâmetro. Já aos 14 meses, a cultura do milho em consórcio, não teve efeito significativo sobre o diâmetro do coleto e a altura do eucalipto. Os autores também observaram que o plantio do eucalipto não afetou a produtividade de grãos do milho no início do sistema consorciado.

Avaliando economicamente a consorciação do milho com *Pinus taeda* L., no Estado do Paraná, com duas, três e quatro linhas de milho, em três anos consecutivos, Oliveira et al. (1998) encontraram maior lucro no terceiro ano de plantio de milho, para 2, 3 e 4 linhas de milho.

Oliveira et al. (1998) concluíram que o sistema intercalar com 2 linhas de milho permitiu a redução de custos de implantação florestal, na ordem de 95%, e os sistemas com 3 e 4 linhas de milho, além de reduzir os custos a zero, tiveram 28% e 72% do valor em renda adicional.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido na propriedade do senhor Miguel Bonotto, localizada no município de Bagé – RS (Figura 1). A pesquisa teve parceria com a empresa Votorantim Celulose e Papel (VCP), sede em Pelotas – RS.

As coordenadas geográficas da área da pesquisa são: 31°14'43" Sul e 54°04'55" Oeste, com altitude de 242 m. O clima é classificado como subtropical úmido, do tipo "Cfa", segundo a classificação de Köppen (Moreno, 1961), caracterizado por temperatura média do mês mais quente, superior a 22°C e temperatura média anual inferior a 18°C.

O solo da área experimental é classificado como um Luvissole Hipocrômico órtico típico (Unidade Bexigoso). Os Luvissoles são geralmente pouco profundos, bem a imperfeitamente drenados, apresentam boa fertilidade natural, mas carência de fósforo, ocorrendo em terrenos ondulados. Esses solos apresentam aptidão regular para culturas anuais devido às limitações quanto ao armazenamento de água para as plantas e o uso de implementos agrícolas, exigem práticas conservacionistas, como cobertura vegetal viva ou morta permanente, (STRECK et al., 2002).

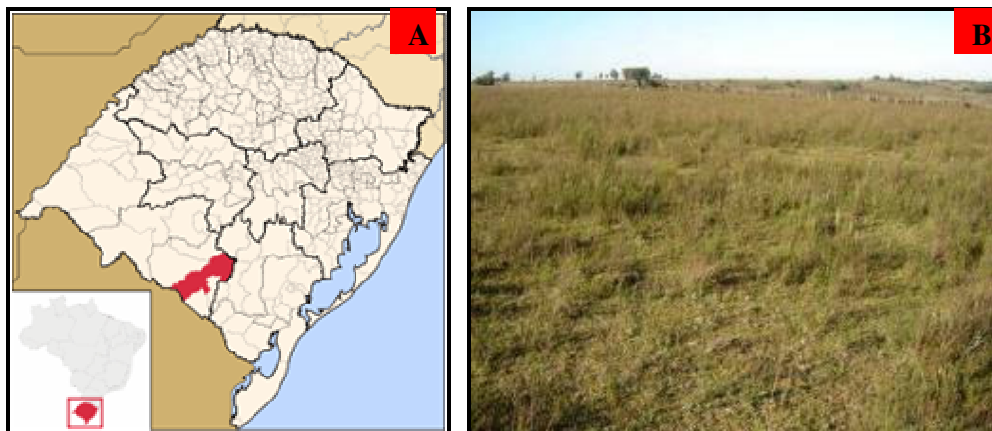


Figura 1 – Área da pesquisa: A) Mapa do Estado do Rio Grande do Sul, localizando o município de Bagé. Fonte- ABREU, 2006; B) Aspecto geral da área, antes de ser implantado o experimento.

3.2 Delineamento experimental

Os arranjos das plantas de todos os tratamentos encontram-se num espaçamento de 4 m x 1,5 m, que estão representados na Tabela 1. O delineamento estatístico empregado foi o de Blocos ao Acaso, com 3 repetições e tratamentos qualitativos

Cada unidade experimental ocupa uma área de 1056 m² (24 m x 44 m) e contém 204 plantas de eucalipto e/ou acácia – negra. Foram deixados 6 metros entre tratamentos e entre blocos, para dividí-los.

Tabela 1 - Tratamentos empregados na pesquisa.

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO
T1	100% eucalipto
T2	100% acácia-negra
T3	50% eucalipto + 50% acácia-negra
T4	75% eucalipto + 25% acácia-negra
T5	25% eucalipto + 75% acácia-negra

3.3 Instalação da pesquisa

3.3.1 Plantio do componente arbóreo

A área destinada à pesquisa era campo, onde havia criação de bovinos. Devido ao pisoteio do gado e o adensamento do solo, foi realizado uma subsolagem na linha de plantio, a 60 cm de profundidade, com subsolador de uma haste, sendo que, juntamente com essa operação, foi aplicado super fosfato triplo ao solo, na formulação N-P₂O₅-K₂O (00 - 39 - 00), sendo aplicados 100 Kg ha⁻¹. Após, foram realizadas duas gradagens na linha de plantio, devido à presença de gramíneas.

Para a realização do experimento, foram utilizadas mudas de clones de *Eucalyptus urograndis*, produzidas em tubetes cônicos (Figura 2), com quatro estrias no interior do mesmo, para facilitar a retirada da muda do tubete. As mudas foram fornecidas pela empresa VCP e as mudas de acácia-negra, produzidas em laminado (Figura 2), foram adquiridas de viveiros de terceiros.

O plantio das mudas de eucalipto e acácia-negra foi realizado na segunda quinzena do mês de dezembro de 2006. Na ocasião do plantio, como também antes dele, foi realizado controle de formigas, com formicida granulado, sendo aplicados 6 gramas de formicida a cada 16 m² e, quando encontrados olheiros, também era aplicado formicida.



Figura 2 – Aspecto das mudas utilizadas no plantio: A) Mudas de eucalipto produzidas em tubete; B) Mudas de acácia - negra produzidas em laminado.

Na Figura 3, temos o croqui da área da pesquisa, com seus devidos tratamentos.

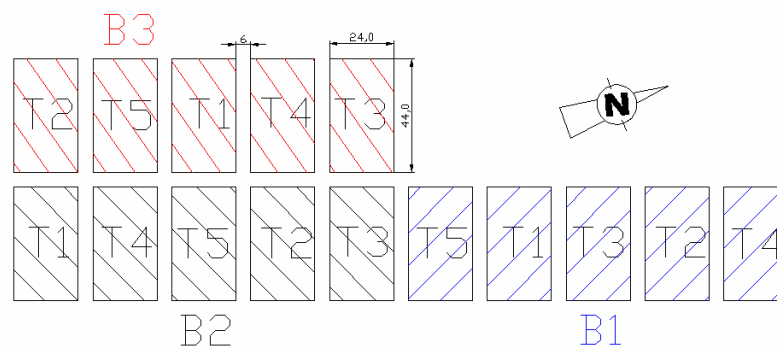


Figura 3 – Croqui da área da pesquisa, com seus devidos blocos e tratamentos.
 Onde: T1 (100E); T2 (100A); T3 (50E:50A); T4 (75E:25A); T5 (25E:75A).

Para melhor visualização da pesquisa realizada, temos na Figura 4, o croqui de cada parcela, com seus devidos tratamentos, detalhando as linhas com eucalipto, com acácia-negra e com milho.

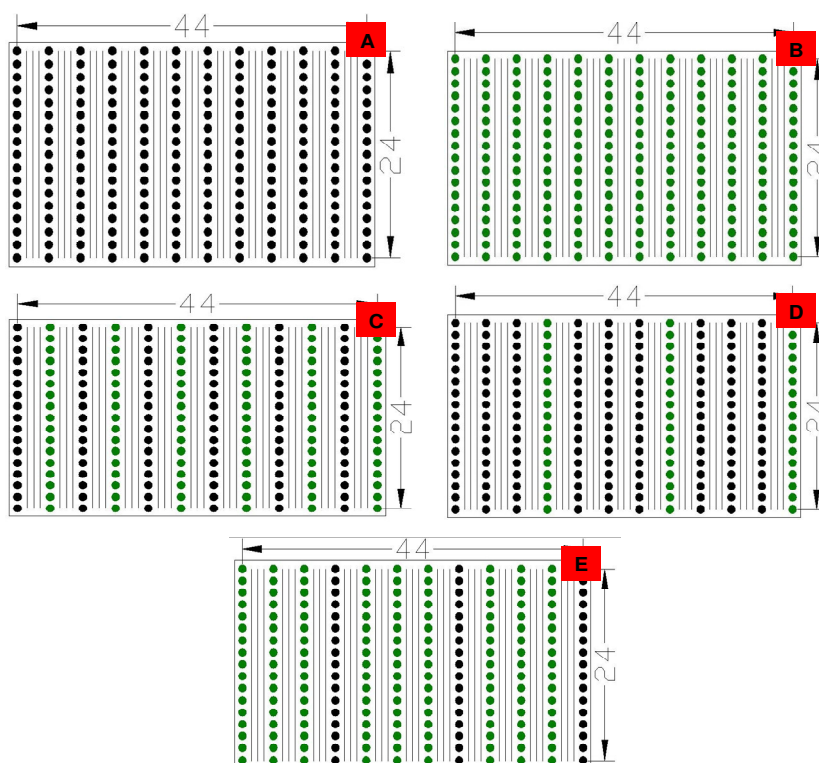


Figura 4 – Detalhes dos tratamentos A) T1 (100E + milho); B) T2 (100A + milho); C) T3 (50E:50A+ milho); D) T4 (75E:25A + milho); E) T5 (25E:75A + milho).

Onde: • → eucalipto; • → acácia-negra; || → milho.

Na figura 5, temos os espaçamentos entre plantas e linhas das espécies florestais, e espaçamento entre linhas de milho.

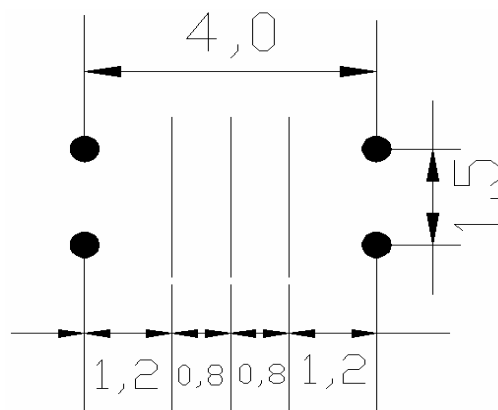


Figura 5 – Detalhes dos espaçamentos do plantio. Onde: ● → espécie florestal; ||| → milho.

3.3.2 Semeadura do componente agrícola (milho – *Zea mays* L.)

Foi realizada uma subsolagem, com subsolador de 5 hastes e, em seguida, uma gradagem na área destinada a semeadura do milho, pois o solo encontrava-se adensado e com presença de gramíneas. A semeadura do milho foi realizada na primeira quinzena de janeiro de 2007, sendo que, nessa operação, foi utilizada uma plantadeira acoplada ao trator, que fazia a semeadura nas três linhas, sendo utilizados 17 kg ha^{-1} de milho para o plantio da área da pesquisa. A variedade comercial de milho utilizada foi AG 2020 Agroceres. A adubação para o milho foi realizada juntamente com o plantio, com a mesma formulação utilizada para o plantio do eucalipto e da acácia, N P K (06-30-06), sendo aplicados 240 Kg ha^{-1} .

A semeadura do milho foi realizada entre as fileiras de eucalipto e/ou acácia-negra, em cada entrelinha de árvores, com distância de 0,80 m entre si e, distanciadas 1,2 m das linhas de eucalipto e/ou acácia-negra.

3.3.3 Manutenção da área experimental

Devido a perda de mudas de eucalipto e acácia-negra, pelo ataque de formigas e lebre na área de plantio, foi necessário realizar um replantio quando as mudas estavam com dois meses e meio de idade, sendo que a acácia-negra teve maiores índices de morte, comparada às mudas de eucalipto.

A fertilização das culturas florestais consistiu na aplicação de $173,86 \text{ kg ha}^{-1}$ de adubo químico, N-P-K (06 - 30 - 06), sendo aplicados 90 gramas por muda, ou seja, 45 g de cada lado da muda, aos dois meses e meio de idade. Aos 5 meses de idade, foram aplicados $154,54 \text{ kg ha}^{-1}$ de N-P-K (20 - 00 - 10), sendo aplicados 80 g por planta, onde a aplicação foi realizada ao redor da muda, com uma distância de 40 cm da mesma, para não danificar as folhas com o adubo químico.

Para o controle das ervas daninhas, foram realizadas capinas manuais, na área do plantio. Para as espécies arbóreas, foram realizadas capinas em círculo, ao redor das plantas (coroamento), enquanto para a cultura agrícola, foi realizada capina na faixa de plantio.

3.3.4 Coleta de dados

Para as coletas de dados a campo, foram realizadas coletas de solo, coleta de folhas das espécies florestais e do milho, foram medidas as variáveis dendrométricas e coletada biomassa acima do solo das espécies florestais. Para a cultura do milho também foi coletada biomassa da parte aérea das plantas.

3.3.4.1 Coleta de solo

As coletas de solo na área da pesquisa, foram realizadas antes do plantio das espécies florestais e da cultura agrícola.

3.3.4.1.1 Análise química

Para a realização da análise química, foram coletadas 6 amostras de solo, aleatoriamente na área, compostas por 10 subamostras, com auxílio de um trado de rosca, como também foram feitas tradagens, para se definir a profundidade do solo. As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, sendo embaladas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Ecologia Florestal, para secagem em estufa de circulação e renovação de ar, a 40°C, por 72 horas, para a realização da análise química.

Na Tabela 2, pode-se visualizar os valores das características químicas do solo da área da pesquisa.

Tabela 2 – Análise química do solo da área experimental.

Características do solo	Unidades	Profundidade (cm)	
		0-20	20-40
pH (H ₂ O)		5,18	5,07
Matéria Orgânica	g kg ⁻¹	1,35	1,05
Fósforo disponível*	mg dm ⁻³	0,95	0,76
Ca trocável		1,32	1,09
Potássio disponível*		67,63	45,60
Magnésio trocável		0,73	0,50
Alumínio trocável	cmol _c dm ⁻³	0,40	0,56
H + Al		3,77	4,39
CTC efetiva		2,77	2,52
CTC pH 7		5,99	6,10
Saturação por bases (V)		37,15	28,09
Saturação por Al (m)	(%)	19,53	32,15
Relação C/N		11,55	11,62

* Extrator Melich I.

3.3.4.2 Coleta de folhas

Na área da pesquisa, foram realizadas coletas de folhas de eucalipto e acácia-negra, sendo coletadas folhas recém maduras, localizadas no meio da copa, conforme Bellote e Silva (2005), para a realização de análise química, aos 4 meses de idade, sendo coletadas 4 folhas por planta, em 30 plantas, formando uma amostra composta por tratamento. Também foram coletadas folhas de milho, opostas e abaixo da espiga (Malavolta et al., 1997), sendo que cada amostra por tratamento, era composta por 30 plantas. As amostras foram embaladas em sacos plásticos, etiquetadas e levadas ao Laboratório de Ecologia Florestal, do Departamento de Ciências Florestas da UFSM, onde foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a 70°C, por um período de 72 horas. Após, as amostras foram moídas em moinho do tipo Wiley, para realização de análise química, onde foi determinado o conteúdo de nutrientes. O nitrogênio foi determinado por digestão sulfúrica ($H_2SO_4+H_2O_2$), pelo método Kjeldahl, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco determinado por digestão Nítrica-perclórica (HNO_3+HClO_4) [3:1], pelo método de espectrometria de absorção atômica, potássio pelo método de Fotometria de chama, fósforo pelo método de Espectrofotometria, o sódio por Turbidimetria, e boro por digestão seca e método de Espectrofotometria.

3.3.4.3 Dados dendrométricos

Os valores das variáveis dendrométricas do eucalipto e da acácia-negra (diâmetro do colo (figura 6) e altura total (figura 7)) foram coletados aos 10 meses de idade. As alturas das plantas foram medidas com uma régua e o diâmetro do colo, com um paquímetro, sendo deixada uma bordadura dupla (2 fileiras) ao redor de cada parcela sem medir e medidos todos os indivíduos que estavam no interior da mesma, ou seja, a área útil. Para calcular o volume total de madeira, em cada parcela e após estimar para hectare, foram desconsiderados todos os indivíduos que

tinham menos de 1 metro de altura, ou seja, 7,7%, pois esses eram replantios e não acompanharam o crescimento dos demais exemplares.



Figura 6 – Detalhes de medição do diâmetro do colo (DC), aos 10 meses de idade. A) Medindo DC de um exemplar de acácia-negra; B) Medindo DC de um exemplar de eucalipto.



Figura 7 – Detalhes de medição de altura total (H), realizado aos 10 meses de idade. A) Medindo H e DC de um exemplar de acácia - negra; B) Medindo H de um exemplar de eucalipto.

Como se pode observar na figura 7, em função das geadas intensas, o aspecto fisiológico das plantas de eucalipto, ficaram afetadas, como também seu desenvolvimento.

3.3.4.4 Biomassa acima do solo

Para determinar a biomassa de folhas, galhos e tronco, de cada espécie, foi selecionada a árvore de altura média para eucalipto e acácia-negra, em cada parcela, nos três blocos, sendo amostradas 24 árvores.

Os indivíduos foram abatidos e separados por frações (Figura 8) e todo o material foi pesado em balança digital, com precisão de 1 grama (Figura 9).



Figura 8 – Detalhes do material sendo separado para determinação da biomassa. A e B) separação das frações folhas, galhos e tronco de um exemplar de acácia-negra; C) um exemplar de acácia-negra separado em frações; D) um exemplar de eucalipto separado por frações.

Após foi retirada uma amostra, pesada novamente e armazenado em saco plástico, para ser encaminhada ao Laboratório de Ecologia Florestal, do Departamento de Ciências Florestais da UFSM, onde foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a 70°C, por 72 horas, para se obter a massa seca.

As amostras foram moídas em moinho do tipo Wiley, para realização de análise química, onde foi determinado o conteúdo de nutrientes em cada fração. O nitrogênio foi determinado por digestão sulfúrica ($H_2SO_4+H_2O_2$), pelo método Kjeldahl, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco determinados por digestão Nítrica-perclórica (HNO_3+HClO_4) [3:1], pelo método de espectrometria de absorção atômica, o potássio pelo método de Fotometria de chama, fósforo pelo método de Espectrofotometria, sódio por Turbidimetria, e o boro por digestão seca e método de Espectrofotometria.



Figura 9 – Aspectos das frações separadas e sendo pesadas em balança digital. A) Fração folhas; B) Galhos; C) Tronco.

3.3.4.5 Biomassa da parte aérea do milho

Os dados referentes a cultura do milho foram coletados no final do ciclo, na segunda quinzena de julho. Para quantificar a biomassa e determinar a quantidade de nutrientes estocada em cada fração, foi coletada 1 amostra por parcela, nas três repetições e, para cada amostra foram considerados 3 metros de comprimento por

1,60 metros de largura (3 linhas de plantio), totalizando 4,8 m², conforme Figura 10. Cada amostra, foi separada nas seguintes frações, no campo: colmo, folha e espiga, conforme Figura 11 e pesados em balança digital, com precisão de 1 grama. Após, foi retirada uma amostra, que foi armazenada em saco plástico e, devidamente etiquetada e pesada (Figura 12).

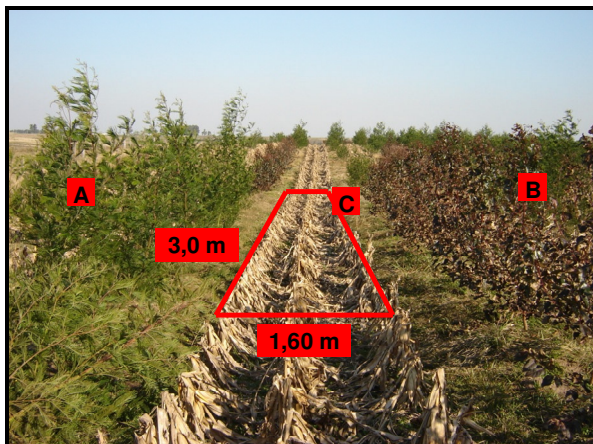


Figura 10 – Aspectos da área da pesquisa. A) Plantio de Acácia-negra; B) Plantio de Eucalipto; C) Amostra da biomassa de milho, onde todo o material foi separado por frações.



Figura 11 – Aspectos do material coletado, separados por frações no campo: A) Folhas; B) Colmo; C) Espiga.

As amostras foram levadas ao Laboratório de Ecologia Florestal, do Departamento de Ciências Florestais da UFSM, onde as espigas foram separadas em grãos, palha e sabugo (Figura 13). Em seguida, as amostras foram colocadas

em estufa de circulação e renovação de ar a 70°C, para secarem e onde permaneceram por 72 horas.

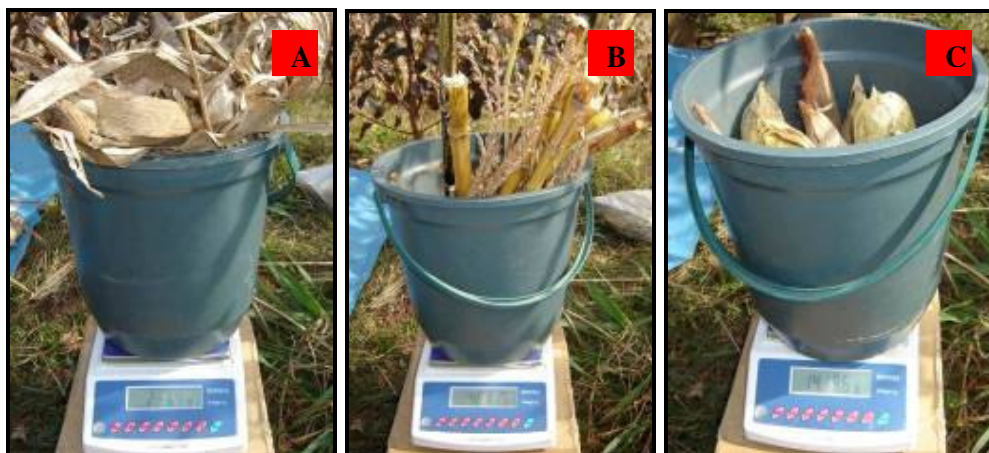


Figura 12 – Aspectos do material coletado, sendo pesados em balança de precisão, separados por frações no campo: A) Folha; B) Colmo; C) Espiga.

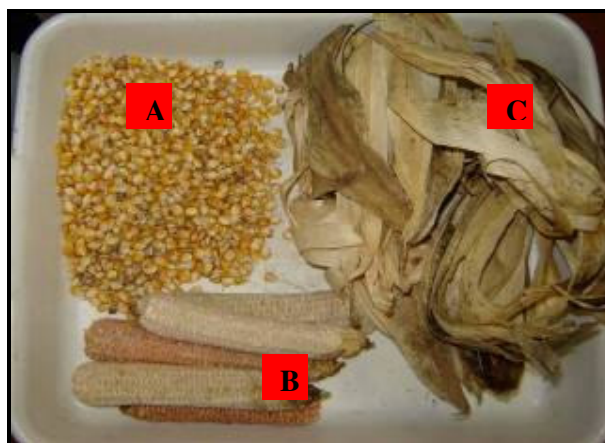


Figura 13 – Aspectos das espigas separadas por fração: A) Grão; B) Sabugo; C) Palha.

Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, para realização de análise química que determinou o conteúdo de nutrientes em cada fração da planta. O nitrogênio determinado por digestão sulfúrica ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$), pelo método Kjeldahl, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco determinados por digestão Nítrica-perclórica ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$) [3:1], pelo método de espectrometria de absorção atômica, potássio pelo método de Fotometria de chama,

fósforo pelo método de Espectrofotometria, sódio por Turbidimetria, e boro por digestão seca e método de Espectrofotometria.

3.3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa utilizado foi SASM-Agri (Sistema para Análise e Separação de Médias em Experimentos Agrícolas (ALTHAUS et al., 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Componente arbóreo

4.1.1 Crescimento da parte aérea das plantas

As análises de variância dos dados encontrados para altura, diâmetro do colo e volume cilíndrico encontram-se nos Apêndices.

4.1.1.1 Altura

A análise de variância dos dados referentes a altura das plantas de eucalipto (Apêndice A) e acácia-negra (Apêndice B), em plantio homogêneo e plantio misto, aos 10 meses de idade, não apresentou valores de F estatisticamente significativos ao nível de 5% e 1% de probabilidade para blocos e tratamentos.

Na Tabela 3, pode-se observar que as médias das alturas do eucalipto e acácia-negra, em plantio homogêneo e misto para cada tratamento, não diferiram estatisticamente entre si. Já Laclau et al. (2007), em plantio misto de *Eucalyptus grandis* com *Acacia mangium*, em São Paulo aos 36 meses, obteve alturas maiores para *Acacia mangium* em plantio homogêneo do que em plantio 50% *Acacia mangium*: 50% *Eucalyptus grandis*. Já que a *Acacia mangium* é uma espécie leguminosa, fixadora de nitrogênio, sendo menos exigente que o *Eucalyptus grandis*, apresentando maior crescimento inicial, devido esta característica é indicada para recuperar áreas degradadas.

Forrester et al. (2004) em plantio misto de *Eucalyptus globulus* com *Acacia mearnsii*, na Austrália, observaram comportamento semelhante ao encontrado por Laclau et al. (2007). A *Acacia mearnsii* teve crescimento mais

significativo que o *Eucalyptus globulus*, até a idade de 5 anos. Pois nos primeiros anos de vida, a acácia tem crescimento mais rápido que o eucalipto.

Conforme a Tabela 3, as alturas observadas para o eucalipto, foram menores que os obtidos por Marques (1990) que, avaliando consórcio de eucalipto com milho, verificou aos 12 meses de idade, altura média de 2,28 m em monocultivo e 2,73 m em consórcio. Pois os plantios tinham idades diferentes, outras variáveis que influenciam no desenvolvimento das plantas são, o solo, o clima da região e a adubação utilizada no plantio, os tratamentos culturais.

Tabela 3 – Altura de eucalipto e acácia - negra, em plantio homogêneo e misto, aos 10 meses de idade.

Tratamentos	Altura média (m)
eucalipto	
T1(100% eucalipto)	1,77 a*
T3(50% eucalipto + 50% acácia-negra)	1,54 a
T4(75% eucalipto + 25% acácia-negra)	1,75 a
T5(25% eucalipto+ 75% acácia-negra)	1,88 a
CV (%)	7,12
acácia-negra	
T2(100% acácia-negra)	2,45 a
T3(50% eucalipto + 50% acácia-negra)	2,12 a
T4(75% eucalipto + 25% acácia-negra)	2,22 a
T5(25% eucalipto+ 75% acácia-negra)	2,69 a
CV (%)	12,27

*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de erro.

Em um experimento realizado por Khanna (1997), com *Eucalyptus globulus* e *Acacia mearnsii*, na Austrália, os resultados mostraram que, durante os primeiros anos do plantio, as acácias cresceram mais rapidamente e competiram por luz com o eucalipto. Mas, apesar da competição, o crescimento do eucalipto foi maior, quando consorciado com acácia, devido à maior fixação

de nitrogênio, proveniente dela. O autor comenta que os efeitos positivos no crescimento de eucalipto, devido a maior quantidade de N fixada pela acácia, também é esperado em locais, onde a fertilidade natural do solo é baixa.

Em plantio misto de *Eucalyptus grandis* com *Acacia mangium*, em São Paulo, Laclau et al. (2007), observou que *Acacia mangium*, em plantio misto (50A:50E), apresentou maior altura que em plantio homogêneo, aos 36 meses. De acordo com os autores citados, quando aumentada a densidade de plantas das duas espécies, a *Acacia mangium* apresentou aumento de altura significativa, aos 12 meses de idade, mas este efeito não foi observado antes e depois desta fase.

Khanna (1997) comparou o crescimento e nutrição de monocultura e plantio misto de *Eucalyptus globulus* e *Acacia mearnsii* em cinco proporções (100E, 75E:25A, 50E:50A, 25E:75A, 100A), em duas densidades (3,3m x 2 m e 3,3 mx 3 m), na Austrália. A altura e o volume do eucalipto eram positivamente influenciados pela presença da acácia. O autor observou que, aos 33 meses, a proporção 50E:50A, teve maior crescimento em altura, sendo atribuído à maior concentração de nitrogênio, alocada nos nódulos das raízes de acácia, e esse nitrogênio, aproveitado pelo eucalipto. O autor ainda salienta que a longo prazo é satisfatório o uso de consórcio de eucalipto com acácia, devido aos benefícios nutricionais ocasionados pela mistura.

4.1.2 Diâmetro do colo

A análise de variância dos dados referentes ao diâmetro do colo das plantas de eucalipto (Apêndice C) e acácia-negra (Apêndice D), em plantio homogêneo e plantio misto, aos 10 meses de idade, não apresentou valores de F estatisticamente significativos ao nível de 5% e 1% de probabilidade para blocos e tratamentos.

Conforme Tabela 4, as médias para diâmetro do colo do eucalipto e da acácia-negra, em plantio homogêneo e misto cada tratamento não diferiram estatisticamente entre si. Observa-se que o diâmetro do colo para as duas espécies teve o mesmo comportamento que o verificado para altura.

Tabela 4 – Diâmetro do colo do eucalipto e acácia-negra, em plantio homogêneo e misto, aos 10 meses de idade.

Tratamento	Diâmetro do colo (cm)
eucalipto	
T1(100% eucalipto)	3,11 a*
T3(50% eucalipto + 50% acácia-negra)	2,92 a
T4(75% eucalipto + 25% acácia-negra)	3,15 a
T5(25% eucalipto+ 75% acácia-negra)	3,21 a
CV(%)	5,56
acácia-negra	
T2(100% acácia-negra)	4,25 a
T3(50% eucalipto + 50% acácia-negra)	3,31 a
T4(75% eucalipto + 25% acácia-negra)	3,64 a
T5(25% eucalipto+ 75% acácia-negra)	4,40 a
CV(%)	16,50

*Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de erro.

Já Forrester et al. (2004) avaliando o crescimento de plantio misto de *Eucalyptus globulus* e *Acacia mearnsii*, na Austrália, observaram que os diâmetros do *Eucalyptus globulus* eram significativamente maiores, quando comparados ao plantio em monocultura, aos 4 anos de idade. Pois com esta idade, as plantas de *Acacia mearnsii*, já estão perdendo folhas e galhos, contribuindo com o acúmulo de serapilheira sobre o solo, e esta serapilheira sendo rica em nitrogênio, torna a decomposição dos resíduos vegetais mais rápida, em função da maior disponibilidade de nitrogênio para a atividade microbiana (VEZZANI, 1997).

Ferreira Neto (1994) encontrou maior crescimento inicial para *Eucalyptus grandis* quando em plantio consorciado com leguminosas na região do Médio Rio Doce, em Minas Gerais.

4.1.3 Volume cilíndrico

A análise de variância dos dados referentes ao volume cilíndrico das plantas de eucalipto (Apêndice E) e acácia-negra (Apêndice F), em plantio homogêneo e plantio misto, como também o volume cilíndrico do total de cada tratamento (Apêndice G), aos 10 meses de idade, não apresentou valores de F estatisticamente significativos ao nível de 5% e 1% de probabilidade para blocos. Para tratamentos, os valores de F foram estatisticamente significativos ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

Observando a Tabela 5, pode-se constatar que para o volume cilíndrico do eucalipto e da acácia-negra, em plantio homogêneo e misto, como também para o volume total das duas espécies, variaram estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O tratamento T2(100A), apresentou o maior volume, com (3,40 m³/ha), mas não variando estatisticamente do T5(25E:75A), com (3,33 m³/ha).

Tabela 5 –Volume cilíndrico do eucalipto e da acácia-negra, em plantio homogêneo e misto, aos 10 meses de idade.

Tratamento	Volume (m ³ /ha)		
	eucalipto	acácia-negra	Total
T1(100% eucalipto)	1,31 a*	----	1,31 b
T2(100% acácia-negra)	----	3,40 a	3,40 a
T3(50% eucalipto + 50% acácia-negra)	0,50 b	1,00 b	1,50 b
T4(75% eucalipto + 25% acácia-negra)	0,99 a	0,58 b	1,57 b
T5(25% eucalipto+ 75% acácia-negra)	0,37 b	2,96 a	3,33 a
CV (%)	18,67	29,09	24,59

*Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de erro.

Para o eucalipto, o plantio misto apresentou maiores volumes, quando comparado ao plantio homogêneo, pois a acácia-negra, sendo uma espécie leguminosa, fornece nitrogênio de forma contínua para o eucalipto e deixa o solo da floresta mais rico em nitrogênio. Esse consórcio favorece as duas espécies, pois ambas têm exigências nutricionais diferenciadas e, sendo assim, ambas têm o crescimento acelerado.

O tratamento T4(75E:25A) apresenta-se promissor para plantios consorciados, onde o produto principal desejado são toras de eucalipto, tanto para produção de celulose, quanto para madeira ou lenha. O tratamento T4, apresentou melhores resultados que o plantio homogêneo de eucalipto. A acácia-negra, entra no consórcio para acelerar o crescimento do eucalipto com a fixação de nitrogênio, sendo que sua rotação é menor que o do eucalipto. Após ter realizada sua função, como sua rotação é menor que do eucalipto, estas árvores deverão ser retiradas, proporcionando ao produtor uma renda antecipada, com a venda da lenha da acácia-negra. Esse procedimento aumentará o espaçamento para o eucalipto desenvolver-se até o final da sua rotação, produzindo toras de maior volume e melhor qualidade.

Para Forrester et al. (2004), encontraram para *Eucalyptus globulus* na proporção (50E:50A), volume maior, quando comparado ao plantio de (100E). Pelo fato da *Acacia mearnsii* fixar o nitrogênio no solo, aumenta as vantagens de plantios mistos. Os autores ainda complementam que o volume final, ao término da rotação, pode ser igual ao da monocultura, e ainda em um período mais curto, sendo os plantios mistos uma alternativa atraente, quando comparados à monocultura, se o produto desejado, são troncos grandes.

Schreiner e Balloni (1986), consorciando feijão (*Phaseolus vulgaris*) e eucalipto (*Eucalyptus grandis*), no sudeste do Brasil, aos 14 meses de idade, encontraram para o eucalipto em consórcio maior volume de madeira que em monocultura. O volume em monocultivo de 10,53 m³/ha, eucalipto + quatro fileiras de feijão 19,55 m³/ha, eucalipto + cinco fileiras de feijão 20,04 m³/ha e eucalipto + seis fileiras de feijão 18,03 m³/ha. O autor concluiu que o volume de madeira, na idade medida, foi sensivelmente maior que o obtido sem monocultura. O eucalipto em plantio consorciado com leguminosas de espécies florestais, como espécies agrícolas, tende a crescer mais que em plantio homogêneo, pois se beneficia do nitrogênio fornecido pelas mesmas.

4.1.4 Nutrientes nas folhas

Na Tabela 6, verificam-se os teores de nutrientes para as folhas de eucalipto, acácia-negra e milho, coletados aos 4 meses de idade.

Comparando os teores de nutrientes para as folhas, podemos observar que o nitrogênio é o macronutriente que apresentou maiores concentrações, sendo que nas folhas de acácia-negra, apresentaram maiores teores. Isto se deve ao fato da acácia-negra ser uma espécie leguminosa, fixadora de nitrogênio.

Para os micronutrientes, o manganês e o ferro apresentaram as maiores concentrações, nas folhas de eucalipto, acácia-negra e milho.

As folhas de eucalipto apresentaram maiores teores de P, Ca e Mn, em todos os tratamentos. As folhas de milho apresentaram maiores teores de Cu e S em todos os tratamentos.

A demanda de nutrientes de plantações de eucalipto é relativamente alta, porém não diferindo de plantações de outras espécies florestais de rápido crescimento, mas menor que a demanda em culturas agrícolas (LIMA, 1996).

O K apresentou teores mais altos nas folhas de milho, seguidos das folhas de eucalipto e acácia-negra. Conforme Bellote & Silva (2005), os teores de K e Mg nas folhas são os que apresentam as maiores correlações com o crescimento das árvores, sendo os nutrientes mais limitantes ao crescimento das árvores.

A concentração de macronutrientes nas folhas de eucalipto, acácia-negra e milho, seguiram a seguinte ordem: N>K>Ca>Mg>P>S. A mesma seqüência foi encontrada por Coêlho (2006), para folhas de *Eucalyptus grandis* em plantio misto com leguminosas N (16,4 g kg⁻¹), P (0,74 g kg⁻¹), K (5,0 g kg⁻¹), Ca (4,1 g kg⁻¹), Mg (2,1 g kg⁻¹), S (0,7 g kg⁻¹), aos 2 anos de idade. Já Silveira et al. (2005) citam um estudo realizado por Haag et al (1976), onde os autores encontraram para *Eucalyptus grandis*, em São Paulo, para as concentrações de macronutrientes, N (21,2 g kg⁻¹), P (1,2 g kg⁻¹), K (4,8 g kg⁻¹), Ca (3,9 g kg⁻¹), Mg (1,5 g kg⁻¹), S (2,5 g kg⁻¹).

Tabela 6 - Teores de nutrientes, para folhas de eucalipto, acácia-negra e milho, aos 4 meses de idade.

Trat.	Espécies vegetais	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹			
T1	eucalipto	35,64 abc*	2,3 ab	11,7 cd	7,39 a	2,51 ab	1,25 ab	19,00 a	8,99 c	57,36 bc	1412,36 a	22,72 ab
	milho	28,65 c	1,67 cd	15,26 abc	4,72 bcd	2,58 a	1,60 ab	13,05 a	18,54 ab	91,28 ab	132,18 b	16,70 abc
T2	acácia-negra	41,39 a	1,62 d	9,37 d	5,42 bc	1,97 ab	1,38 ab	16,59 a	8,35 c	89,27 abc	145,06 b	12,22 c
	milho	29,33 bc	1,71 cd	17,14 a	4,67 bcd	2,6 a	1,71 ab	12,92 a	20,27 a	86,27 abc	101,03 b	16,65 abc
T3	eucalipto	33,88 abc	2,38 ab	11,81 bcd	7,48 a	2,36 ab	1,37 ab	22,17 a	9,46 c	52,25 c	1372,11 a	20,22 abc
	acácia-negra	33,45 abc	1,71 cd	8,36 d	4,48 cd	1,58 b	1,09 b	17,61 a	7,34 c	94,22 ab	137,99 b	13,18 bc
	milho	27,36 c	1,5 d	17,49 a	4,20 d	2,27 ab	1,80 a	11,02 a	18,68 ab	105,43 a	117,41 b	15,65 abc
T4	eucalipto	33,98 abc	2,1 abc	11,6 cd	7,14 a	2,28 ab	1,25 ab	20,65 a	12,53 bc	59,33 bc	1384,92 a	22,01 abc
	acácia-negra	39,15 ab	1,75 cd	9,02 d	5,63 b	1,78 ab	1,37 ab	20,14 a	10,20 c	104,27 a	175,05 b	16,36 abc
	milho	29,34 bc	1,71 cd	16,19ab	4,51 cd	2,11 ab	1,70 ab	10,89 a	19,80 a	105,63 a	120,62 b	18,26 abc
T5	eucalipto	35,95abc	2,22 ab	11,43 cd	7,29 a	2,43 ab	1,40 ab	17,10 a	9,74 c	65,26 bc	1373,38 a	24,16 a
	acácia-negra	39,70 a	1,62 d	9,15 d	5,52 bc	1,82 ab	1,27 ab	19,00 a	8,25 c	104,87 a	191,03 b	14,96 abc
	milho	28,88 c	1,90 bcd	17,63 a	4,29 d	2,3 ab	1,49 ab	26,85 a	19,23 ab	104,11 a	136,25 b	18,31 abc

*Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de erro.

Para folhas de acácia-negra em um sistema agroflorestal, Schumacher et al. (2007) e Calil (2003) encontraram valores superiores ao observado no estudo, para os teores de nutrientes. Sendo que os plantios observados por esses autores, encontravam-se com mais idade.

Já Caldeira et al. (2002) encontraram para um povoamento de *Acacia mearnsii*, com 2,4 anos de idade, para macronutrientes, valores semelhantes ao observado no estudo, aos 4 meses de idade.

A concentração de nutrientes nas folhas, varia, dependendo do sítio, da idade da planta, da parte da planta onde foram realizadas as coletas, para a realização da análise química.

4.1.5 Biomassa do componente arbóreo

Na Tabela 7, estão representados os valores de biomassa para cada fração da planta (folha, galho e tronco), em cada tratamento, nas duas espécies estudadas, e biomassa total, para cada tratamento.

Conforme a tabela 7, o tratamento T1(100E) não variou estatisticamente do T4(75E:25A), e o tratamento T2 não diferiu estatisticamente do T5 T4(25E:75A). O tratamento que apresentou maior quantidade de biomassa para as frações, folhas, galhos, tronco e total foi T2(100A), com 1,53; 0,96; 1,62 e 4,11 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Laclau et al. (2007) para plantio misto de *Eucalyptus grandis* com *Acacia mangium* em São Paulo, encontrou 70% mais biomassa de folhas de *Acacia mangium* em plantio homogêneo que em plantio misto (50A:100E). Aos 18 meses a biomassa de folhas era 40% maior em plantio homogêneo de *Acacia mangium* que em plantio homogêneo de *Eucalyptus grandis*. Os autores citados, encontraram 10% mais de biomassa total para 50A:100E que em 0A:100E (acácia+eucalipto), aos 12 meses de idade.

Neste trabalho para consórcio, o tratamento que apresentou maior quantidade de biomassa foi o T5(25E:75A), com 0,99; 0,73; 1,10 e 2,82 Mg ha⁻¹, para folha, galho, tronco e total, respectivamente. A acácia-negra apresentou maior

desenvolvimento inicial, comparado ao eucalipto, apresentando maior quantidade de biomassa. A determinação da biomassa foi realizada após severas geadas, que prejudicaram o desenvolvimento do eucalipto, já a acácia-negra, não teve seu crescimento prejudicado.

Tabela 7 - Biomassa para cada fração da planta (folha, galho e tronco), em cada espécie e somatório do consórcio, aos 10 meses de idade.

TRATAMENTO	ESPÉCIE	FOLHA	GALHO	TRONCO	TOTAL
		Mg ha ⁻¹			
T1(100E)	eucalipto	0,18 A	0,26 A	0,31 A	0,75 A
	Total	0,18 e	0,26 e	0,31 e	0,75 e
T2(100A)	acácia-negra	1,53 a	0,96 a	1,62 a	4,11 a
	Total	1,53 a	0,96 a	1,62 a	4,11 a
T3(50E:50A)	eucalipto	0,08 B	0,12 B	0,13 B	0,32 B
	acácia-negra	0,17 c	0,33 b	0,33 b	0,83 b
	Total	0,25 d	0,43 c	0,46 d	1,14 d
T4(75E:25A)	eucalipto	0,19 A	0,22 A	0,29 A	0,70 A
	acácia-negra	0,29 c	0,20 b	0,42 b	0,91 b
	Total	0,48 c	0,42 e	0,70 c	1,60 c
T5(25E:75A)	eucalipto	0,08 B	0,07 B	0,10 B	0,25 B
	acácia-negra	0,91 b	0,65 ab	1,00 ab	2,56 ab
	Total	0,99 b	0,73 b	1,10 b	2,82 b
-----%					
T1(100E)	eucalipto	24,2	34,3	41,5	100,0
	Total	24,2	34,3	41,5	100,0
T2(100A)	acácia-negra	37,3	23,3	39,4	100,0
	Total	37,3	23,3	39,4	100,0
T3(50E:50A)	eucalipto	25,6	32,1	42,3	100,0
	acácia-negra	20,4	40,0	39,6	100,0
	Total	21,8	37,8	40,4	100,0
T4(75E:25A)	eucalipto	27,7	31,4	40,9	100,0
	acácia-negra	31,8	22,2	46,0	100,0
	Total	30,0	26,2	43,8	100,0
T5(25E:75A)	eucalipto	32,7	29,2	38,1	100,0
	acácia-negra	35,3	25,5	39,2	100,0
	Total	35,1	25,8	39,1	100,0

*Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de erro. Letras maiúsculas representam eucalipto, letras minúsculas representam acácia-negra e letras minúsculas em negrito, os totais de cada consórcio, por fração da planta.

Em todos os tratamentos, a fração tronco apresentou maior porcentagem de biomassa, entre 38% a 46,0%. Somente no tratamento T3(50E:50A), para a acácia-negra a fração galhos apresentou maior quantidade de biomassa, com 40,0%. As menores porcentagens de biomassa foram encontradas para folhas, entre 20,4% a 27,7% nos tratamentos T1(100E:0A) para o eucalipto, no T3(50E:50A) para eucalipto, acácia-negra e total do consórcio, e no T4(75E:25A) para o eucalipto.

A biomassa total de cada fração do consórcio teve a seguinte ordem, para T1 e T3: tronco > galho > folha, e nos T2, T4 e T5: tronco > folha > galho. Para biomassa total por espécie estudada, a acácia-negra teve maior quantidade biomassa, com 4,11 Mg ha⁻¹, no tratamento T2(100A).

Caldeira (1998) realizou um estudo, onde quantificou a biomassa e o conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii*) e encontrou para biomassa aérea total nas procedências Batemans Bay, Bodalla e Lake George com 2,4 anos de idade a seguinte ordem: madeira > folhas > galhos vivos > casca > galhos mortos. A procedência Lake George apresentou mais biomassa de galhos vivos do que de folhas. Calil (2003), para *Acacia mearnsii* aos 6 anos de idade, também encontrou maior biomassa para a fração madeira. O mesmo comportamento foi observado por Schumacher e Caldeira (2004), Freitas et al. (2004), em plantio de eucalipto, onde encontraram maior biomassa para a fração madeira. Sendo que quanto mais velho o povoamento, mais biomassa ficará acumulada na madeira.

Couto et al. (2004), para eucalipto em sistema agrossilvipastoril no primeiro ano, encontraram mesma quantidade de biomassa para madeira e folhas. Schumacher et al. (2007), para acácia-negra em sistema agroflorestal, obtiveram maior quantidade de biomassa para madeira e galhos quando consorciado com melancia, já em plantio homogêneo, os autores observaram maior quantidade de biomassa para casaca de folhas.

Já Coêlho (2006) estudando a interação entre plantios mistos de *Eucalyptus grandis* com leguminosas arbóreas, em Itatinga – SP, quando a autora considerou os compartimentos da planta separadamente, não houve diferenças para a produção de biomassa de tronco e parte aérea (folha, galho e casca) do *E. grandis* solteiro ou consorciado.

4.1.6 Teores de nutrientes no eucalipto e na acácia-negra

Na Tabela 8, estão representados os teores de nutrientes para biomassa do eucalipto e da acácia-negra aos 10 meses de idade, nos diferentes compartimentos das plantas.

Os maiores valores de nitrogênio foram encontrados nas folhas de eucalipto ($30,45 \text{ g kg}^{-1}$), já para galhos e tronco a acácia-negra apresentou maiores valores, $10,79 \text{ g kg}^{-1}$ e $8,62 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

O fósforo teve o mesmo comportamento que o nitrogênio, apresentando maiores teores, nas folhas de eucalipto ($2,18 \text{ g kg}^{-1}$), seguidas dos galhos. Conforme Mengel e Kirkby (1978), citado por Marques (1990), as folhas são os órgãos mais ativos da árvore e de elevada capacidade de redistribuição interna do nutriente fósforo.

Quanto aos teores de potássio, as folhas de eucalipto, apresentaram os maiores valores ($9,31 \text{ g kg}^{-1}$), seguidos dos galhos e tronco.

Para o cálcio, os maiores valores foram observados para o eucalipto, em plantio misto, no tratamento (50E:50A), $8,22 \text{ g kg}^{-1}$ para folhas, $8,80 \text{ g kg}^{-1}$ para galhos e $5,34 \text{ g kg}^{-1}$ para tronco.

O magnésio apresentou maior valor no tratamento (25E:75A), para a acácia-negra, com $2,08 \text{ g kg}^{-1}$ para galhos e tronco no (50E:50A), $1,41 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,03 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

O ferro apresentou maiores teores para eucalipto no (50E:50A), com $255,61 \text{ mg kg}^{-1}$, e para acácia-negra no (100A:0E), com $68,76 \text{ mg kg}^{-1}$, para galhos e $49,62 \text{ mg kg}^{-1}$, para tronco.

As folhas apresentaram os maiores teores de nutrientes, tanto para eucalipto, como para acácia-negra, seguidas dos galhos e tronco. Conforme Bellote e Silva (2005), o total de nutrientes nas folhas pode ser superior a 30% do total de nutrientes contido na árvore. Para os galhos, o conteúdo de nutrientes N, K e Ca está próximo dos 5%, sendo que o P nos galhos corresponde a 3% do estoque total da árvore.

Conforme Schumacher e Poggiani (1993), as concentrações de nutrientes, geralmente apresentam a seguinte ordem: folhas, ramos, casca e lenho.

De acordo com o estudo realizado, Calil (2003), em sistema agrossilvipastoril com *Acacia mearnsii* também encontrou maiores teores de nutrientes nas folhas. Conforme a autora, o alto teor de nitrogênio nas folhas é explicado pela capacidade que a acácia-negra possui de fixar N₂ atmosférico pela simbiose, com bactérias do gênero *Rhizobium*. Schumacher et al. (2007), para um sistema agroflorestal também encontraram maiores teores de nutrientes nas folhas de acácia-negra.

Marques (1990), avaliando plantio puro e consorciado de eucalipto com milho, no Pará, encontrou maiores teores de fósforo, potássio, magnésio e cálcio, nas folhas de eucalipto, seguidas de galhos e tronco, sendo que as maiores quantidades foram encontradas pelo autor em plantio consorciado.

Ferreira Neto (1994) avaliou o comportamento inicial do *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em plantio consorciado com leguminosas na região do Médio Rio Doce, em Minas Gerais. O autor avaliou os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, nas folhas, nos galhos e no tronco das árvores.

O acúmulo de nutrientes na biomassa arbórea de diversas espécies varia de elemento para elemento, sendo que a concentração de nutrientes pode variar em função da disponibilidade dos mesmos nos diferentes sítios, das características nutricionais de cada espécie e idade do povoamento florestal (CALDEIRA, 1998).

Em um experimento realizado por Khanna (1997) com *Eucalyptus globulus* e *Acacia mearnsii*, na Austrália, o autor constatou que a presença de acácia tendeu a aumentar a disponibilidade de N no local, dentro de 1 ano. Depois de 2 anos, o estado nutricional do eucalipto, em plantio misto com acácia era mais alto que em monocultura.

A quantidade de nutrientes contidas na copa (folhas e galhos), na casca, serapilheira, principalmente nos componentes dos resíduos culturais representam uma porcentagem altamente significativa no estoque de nutrientes de um povoamento florestal (CALDEIRA, 1998).

Tabela 8 - Teores de nutrientes, nos diferentes compartimentos da planta (folha, galho e tronco), aos 10 meses de idade, para eucalipto e acácia-negra.

Tratamento	Espécie	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹			
FOLHA												
T1(100E)	eucalipto	30,45 A	2,10 A	9,31 A	5,61 A	1,55 B	1,37 A	21,60 A	9,98 A	126,05 A	1736,15 A	26,08 A
T2(100A)	acácia-negra	28,07 a	1,82 a	8,07 a	6,82 a	1,86 ab	1,29 a	17,80 a	7,81 a	149,80a	139,87 a	16,74 a
T3(50E:50A)	eucalipto	27,94 A	1,88 A	7,63 A	8,22 A	2,03 A	1,59 A	24,80 A	8,71 A	150,60 A	2254,47 A	22,88 A
	acácia-negra	21,76 a	1,38 a	5,68 a	5,18 a	1,28 b	1,06 a	18,60 a	6,00 a	255,61 a	148,64 a	13,85 a
T4(75E:25A)	eucalipto	27,84 A	1,67 A	6,86 A	7,32 A	1,80 AB	1,43 A	22,90 A	9,64 A	129,61 A	2052,96 A	20,97 A
	acácia-negra	26,01 a	1,60 a	6,23 a	7,42 a	1,57 ab	1,14 a	28,60 a	6,05 a	206,53 a	184,72 a	15,73 a
T5(25E:75A)	eucalipto	30,36 A	2,18 A	8,40 A	5,70 A	1,69 AB	1,38 A	20,60 A	10,19 A	114,29 A	2363,84 A	25,42 A
	acácia-negra	26,47 a	1,59 a	6,82 a	7,61 a	2,08 a	1,13 a	24,60 a	6,46 a	161,13 a	217,54 a	18,25 a
GALHO												
T1(100E)	eucalipto	6,43 B	0,63 B	5,79 A	7,95 AB	1,21 A	0,31 A	12,00 B	5,35 A	42,83 A	915,93 A	14,38 A
T2(100A)	acácia-negra	10,79 a	0,82 a	7,30 a	4,14 a	0,98 a	0,48 a	14,20 a	5,15 a	68,76 a	35,66 a	11,17 a
T3(50E:50A)	eucalipto	10,17 A	1,23 A	6,38 A	8,80 A	1,41 A	0,46 A	16,20 A	6,15 A	70,91 A	1103,15 A	15,93 A
	acácia-negra	8,49 a	1,19 a	4,29 b	4,61 a	0,79 a	0,45 a	11,80 a	4,32 a	63,79 a	81,90 a	10,28 a
T4(75E:25A)	eucalipto	8,30 AB	0,82 AB	4,88 A	8,19 AB	1,32 A	0,38 A	12,90 AB	6,09 A	52,14 A	1392,75 A	14,10 A
	acácia-negra	10,17 a	0,77 a	4,95 ab	5,41 a	0,86 a	0,61 a	12,80 a	4,10 a	65,05 a	50,08 a	10,06 a
T5(25E:75A)	eucalipto	7,23 AB	0,72 B	5,68 A	7,29 B	1,21 A	0,34 A	12,80 AB	5,23 A	44,56 A	1026,51 A	17,61 A
	acácia-negra	9,63 a	0,74 a	5,50 ab	4,91 a	1,06 a	0,65 a	13,40 a	4,31 a	52,38 a	52,04 a	12,35 a
TRONCO												
T1(100E)	eucalipto	3,90 A	0,37 A	5,43 A	4,65 A	1,01 AB	0,25 A	9,50 A	4,50 A	26,11 A	694,30 A	9,91 A
T2(100A)	acácia-negra	8,58 a	0,79 a	5,79 a	3,03 a	0,80 a	0,30 a	9,40 a	5,04a	49,62 a	29,76 a	9,75 a
T3(50E:50A)	eucalipto	5,34 A	0,55 A	4,80 A	5,34 A	1,03 A	0,21 A	10,10 A	4,73 A	33,05 A	743,42 A	9,64 A
	acácia-negra	8,62 a	1,06 a	5,10 a	2,84 a	0,68 a	0,33 a	9,70 a	4,93 a	39,63 ab	41,35 a	12,45 a
T4(75E:25A)	eucalipto	4,78 A	0,40 A	4,88 A	4,17 A	0,90 B	0,28 A	9,10 A	4,43 A	21,50 A	593,31 A	9,11 A
	acácia-negra	8,17 a	0,77 a	4,69 a	3,04 a	0,72 a	0,41 a	8,60 a	3,66 a	28,06 ab	34,90 a	9,34 a
T5(25E:75A)	eucalipto	4,22 A	0,45 A	5,06 A	4,12 A	1,01 AB	0,23 A	8,60 A	4,20 A	20,28 A	720,82 A	9,38 A
	acácia-negra	7,51 a	0,78 a	4,77 a	2,82 a	0,58 a	0,29 a	8,90 a	5,03 a	23,15 b	29,31 a	9,09 a

*Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de erro. Letras maiúsculas representam eucalipto, letras minúsculas representam acácia-negra.

4.1.7 Conteúdo de nutrientes no eucalipto e na acácia-negra

O conteúdo de nutrientes, por fração das plantas de eucalipto e de acácia-negra, em cada tratamento, está representado na Tabela 9.

A acácia-negra, em plantio homogêneo, apresentou maior conteúdo de nutrientes, por possuir maior quantidade de biomassa total, em relação ao eucalipto, por apresentar maior crescimento inicial.

O maior acúmulo de nutrientes ocorreu na fração folhas. Para o plantio homogêneo de eucalipto, o maior conteúdo de nitrogênio, foi para folhas, com $5,62 \text{ kg ha}^{-1}$, e $8,52 \text{ kg ha}^{-1}$ para o total. Para a acácia-negra em plantio homogêneo, o maior conteúdo de nitrogênio, foi para folhas, com $42,82 \text{ kg ha}^{-1}$, e $66,66 \text{ kg ha}^{-1}$ para o total. Já em plantio misto, o tratamento que apresentou maior quantidade de N, foi o (25E:75A), para as folhas de acácia-negra, com $22,69 \text{ kg ha}^{-1}$, e $43,92 \text{ kg ha}^{-1}$, para o total de biomassa.

O fósforo teve maior quantidade nas folhas, tanto no plantio homogêneo, como em plantio misto. Para o plantio homogêneo de eucalipto, o maior conteúdo de P, foi para folhas, com $0,39 \text{ kg ha}^{-1}$, e $0,67 \text{ kg ha}^{-1}$ para o total. Na acácia-negra em plantio homogêneo, as folhas, tiveram $2,70 \text{ kg ha}^{-1}$, e $4,70 \text{ kg ha}^{-1}$ para o total. Em plantio misto, o tratamento que apresentou maior quantidade de P, foi o (25E:75A), para as folhas de acácia-negra, com $1,46 \text{ kg ha}^{-1}$, e $2,99 \text{ kg ha}^{-1}$, para o total de biomassa.

Para o plantio homogêneo de eucalipto, o maior conteúdo de potássio foi para folhas, com $1,74 \text{ kg ha}^{-1}$, e $4,99 \text{ kg ha}^{-1}$ para o total. Na acácia-negra em plantio homogêneo, as folhas, tiveram $12,29 \text{ kg ha}^{-1}$, e $28,62 \text{ kg ha}^{-1}$ para o total. Em plantio misto, o tratamento que apresentou maior quantidade de K, foi o (25E:75A), para as folhas de acácia-negra, com $6,14 \text{ kg ha}^{-1}$, e $16,17 \text{ kg ha}^{-1}$, para o total de biomassa.

Em relação ao cálcio, o maior conteúdo foi apresentado nas folhas, sendo que a acácia-negra, em plantio homogêneo, apresentou as maiores quantidades, com $10,36 \text{ kg ha}^{-1}$, para folhas e $19,22 \text{ kg ha}^{-1}$, para o total. O eucalipto em plantio homogêneo, apresentou $2,06 \text{ kg ha}^{-1}$, nas folhas e $4,53 \text{ kg ha}^{-1}$, para o total de biomassa.

Tabela 9 - Conteúdo de nutrientes, nos diferentes compartimentos da planta (folha, galho e tronco), e total para eucalipto e acácia-negra, aos 10 meses de idade.

Tratamento	Frações	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		kg ha ⁻¹							g ha ⁻¹			
EUCALIPTO												
T1(100E)	Folha	5,62	0,39	1,74	1,02	0,28	0,25	4,00	1,87	23,07	314,75	4,78
	Galho	1,67	0,16	1,53	2,06	0,31	0,08	3,13	1,41	11,10	237,34	3,71
	Tronco	1,23	0,12	1,73	1,45	0,31	0,08	2,98	1,43	8,11	213,64	3,10
	TOTAL	8,52	0,67	4,99	4,53	0,91	0,40	10,11	4,71	42,29	765,73	11,59
ACÁCIA-NEGRA												
T2(100A)	Folha	42,84	2,70	12,23	10,36	2,80	1,92	29,10	12,71	233,29	218,30	25,33
	Galho	10,24	0,77	7,10	3,95	0,91	0,44	13,72	5,14	66,32	34,06	10,55
	Tronco	13,58	1,23	9,30	4,90	1,29	0,41	15,52	8,56	83,36	48,02	15,49
	TOTAL	66,66	4,70	28,62	19,22	5,00	2,77	58,35	26,41	382,97	300,39	51,37
EUCALIPTO												
T3(50E:50A)	Folha	2,28	0,15	0,62	0,67	0,17	0,13	2,02	0,71	11,96	185,36	1,86
	Galho	1,07	0,12	0,64	0,89	0,14	0,05	1,65	0,65	6,93	119,75	1,65
	Tronco	0,74	0,07	0,65	0,71	0,14	0,03	1,38	0,64	4,24	101,70	1,28
	TOTAL	4,09	0,34	1,91	2,27	0,44	0,21	5,06	2,00	23,14	406,80	4,78
ACÁCIA-NEGRA												
T3(50E:50A)	Folha	3,73	0,22	0,99	0,86	0,21	0,18	3,11	1,03	41,06	26,41	2,27
	Galho	2,99	0,28	1,42	1,77	0,30	0,14	3,55	1,16	19,63	38,30	3,54
	Tronco	3,10	0,32	1,63	0,98	0,24	0,11	3,18	1,45	12,79	13,51	4,56
	TOTAL	9,83	0,81	4,03	3,62	0,76	0,43	9,84	3,63	73,48	78,23	10,38

(continua...)

Tabela 9 - Conteúdo de nutrientes, nos diferentes compartimentos da planta (folha, galho e tronco), e total para eucalipto e acácia-negra, aos 10 meses de idade. Continuação...

Tratamento	Frações	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		kg ha ⁻¹							g ha ⁻¹			
EUCALIPTO												
T4(75E:25A)	Folha	5,35	0,31	1,25	1,44	0,35	0,27	4,40	1,81	25,00	367,60	4,05
	Galho	1,80	0,18	1,08	1,80	0,29	0,08	2,82	1,35	11,35	296,44	3,09
	Tronco	1,34	0,11	1,40	1,19	0,25	0,08	2,61	1,29	6,05	165,41	2,58
	TOTAL	8,48	0,60	3,73	4,43	0,89	0,43	9,83	4,45	42,40	829,45	9,72
	ACÁCIA-NEGRA											
T4(75E:25A)	Folha	7,29	0,41	1,81	2,20	0,44	0,31	8,40	1,73	59,52	57,25	4,18
	Galho	1,88	0,13	1,03	1,08	0,17	0,12	2,49	0,85	12,31	9,36	1,80
	Tronco	3,12	0,28	2,04	1,27	0,29	0,12	3,44	1,62	11,46	14,33	3,54
	TOTAL	12,29	0,82	4,88	4,55	0,90	0,55	14,33	4,20	83,29	80,94	9,52
	EUCALIPTO											
T4(25E:75A)	Folha	2,49	0,17	0,71	0,49	0,14	0,11	1,66	0,84	9,66	179,61	2,04
	Galho	0,53	0,05	0,42	0,54	0,09	0,02	0,95	0,39	3,29	74,03	1,29
	Tronco	0,41	0,04	0,49	0,40	0,10	0,02	0,84	0,39	1,90	70,68	0,91
	TOTAL	3,43	0,27	1,62	1,42	0,32	0,15	3,45	1,62	14,85	324,32	4,23
	ACÁCIA-NEGRA											
T4(25E:75A)	Folha	23,91	1,46	6,14	6,97	1,90	1,03	22,69	5,99	147,31	193,29	16,71
	Galho	6,32	0,49	3,55	3,20	0,69	0,40	8,84	2,89	40,83	33,38	8,30
	Tronco	7,49	0,77	4,85	2,80	0,59	0,28	8,95	5,13	23,59	29,23	9,27
	TOTAL	37,72	2,72	14,55	12,97	3,17	1,72	40,47	14,00	211,73	255,90	34,27

Em plantio misto, o tratamento que apresentou maior quantidade de Ca, foi o (25E:75A), para as folhas de acácia-negra, com 6,67 kg ha⁻¹, e 14,39 kg ha⁻¹, para o total.

Para o magnésio, o maior conteúdo foi apresentado nas folhas de acácia-negra em plantio homogêneo, com 2,80 kg ha⁻¹, para folhas e 5,00 kg ha⁻¹, para o total. Já o eucalipto em plantio homogêneo apresentou 0,31 kg ha⁻¹, nas folhas e 0,91 kg ha⁻¹, para o total de biomassa. Em plantio misto, o tratamento que apresentou maior quantidade de Mg, foi o (25E:75A), para as folhas de acácia-negra, com 1,90 kg ha⁻¹, e 3,49 kg ha⁻¹, para o total.

Com referência ao conteúdo de sódio, o maior conteúdo foi apresentado nas folhas de acácia-negra em plantio homogêneo, com 1,92 kg ha⁻¹, para folhas e 2,77 kg ha⁻¹, para o total. O eucalipto em plantio homogêneo, apresentou 0,25 kg ha⁻¹, nas folhas e 0,40 kg ha⁻¹, para o total de biomassa. Em plantio misto o tratamento que apresentou maior quantidade de S, foi o (25E:75A), para as folhas de acácia-negra, com 1,03 kg ha⁻¹, e 1,87 kg ha⁻¹, para o total.

Para o boro, o maior conteúdo foi apresentado nas folhas de acácia-negra em plantio homogêneo, com 29,10 g ha⁻¹, para folhas e 58,35 g ha⁻¹, para o total. O eucalipto em plantio homogêneo apresentou 4,0 g ha⁻¹, nas folhas e 10,11 g ha⁻¹, para o total de biomassa. Em plantio misto o tratamento que apresentou maior quantidade de B, foi o (25E:75A), para as folhas de acácia-negra, com 22,69 g ha⁻¹, e 43,92 g ha⁻¹, para o total.

O conteúdo de cobre, foi maior nas folhas de acácia-negra, em plantio homogêneo, com 12,71g ha⁻¹, para folhas foi de 26,41 g ha⁻¹, para o total. O eucalipto em plantio homogêneo, apresentou 1,87 g ha⁻¹, nas folhas e 4,71 g ha⁻¹, para o total de biomassa. Em plantio misto, o tratamento que apresentou maior quantidade de Cu, foi o (25E:75A), para as folhas de acácia-negra, com 5,99 g ha⁻¹, e 15,62 g ha⁻¹, para o total.

Em referência ao ferro, o maior conteúdo foi apresentado nas folhas de acácia-negra em plantio homogêneo, com 233,29 g ha⁻¹, para folhas e 382,97 g ha⁻¹, para o total. O eucalipto em plantio homogêneo apresentou 23,07 g ha⁻¹, nas folhas e 42,29 g ha⁻¹, para o total de biomassa. Em plantio misto, o tratamento que apresentou maior quantidade de Fe, foi o (25E:75A), para as folhas de acácia-negra, com 147,31 g ha⁻¹, e 226,58 g ha⁻¹, para o total.

Para o manganês, o maior conteúdo foi para folhas de eucalipto, em plantio homogêneo, com 314,75 g ha⁻¹, para folhas e 765,73 g ha⁻¹, para o total. A acácia-negra em plantio puro, apresentou 218,30 g ha⁻¹, nas folhas e 300,39 g ha⁻¹, para o total de biomassa. Em plantio misto, o tratamento que apresentou maior quantidade de Mn, foi o (75E:25A), para as folhas de eucalipto, com 367,60 g ha⁻¹, e 910,39 g ha⁻¹, para o total.

O conteúdo de zinco, foi maior nas folhas de acácia-negra, em plantio homogêneo, com 25,33g ha⁻¹, para folhas e 51,37 g ha⁻¹, para o total. O eucalipto em plantio homogêneo apresentou 4,78 g ha⁻¹, nas folhas e 11,59 g ha⁻¹, para o total de biomassa. Em plantio misto, o tratamento que apresentou maior quantidade de Zn, foi o (25E:75A), para as folhas de acácia-negra, com 16,71 g ha⁻¹, e 38,50 g ha⁻¹, para o total.

A maior quantidade de nutrientes foi observada nas folhas das duas espécies tanto em plantio homogêneo, como em plantio misto, ou seja, com a queda das folhas, os nutrientes alocados nessa fração, voltarão ao solo, via ciclagem de nutrientes. Para Marques (1990), do ponto de vista da manutenção da fertilidade do solo e da produtividade futura, as espécies mais indicadas seriam naturalmente aquelas que alocam o mínimo de nutrientes no lenho e na casca.

Schumacher et al. (2007), avaliando um sistema agroflorestal com acácia-negra, no sul do Brasil, também encontraram para a fração folha, maior acúmulo de nutrientes, seguida por madeira>galho>casca, tanto no plantio puro, como no consorciado.

Já Calil (2003), para *Acacia mearnsii*, em sistema agrossilvipastoril verificou maiores conteúdos de nutrientes na madeira, pois o plantio analisado pela autora encontrava-se com 6 anos, apresentando maior quantidade de biomassa na madeira, ou seja, quanto mais desenvolvido o povoamento, mais biomassa no tronco e menos nas folhas.

Marques (1990), avaliando o comportamento inicial de paricá (*Schizolobium amazonicum*), tatajuba (*Bagassa guianensis*), eucalipto (*Eucalyptus guinensis*) e milho (*Zea mays*), no Pará, encontrou maior conteúdo de fósforo, potássio, magnésio e cálcio, no lenho das referidas espécies tanto no monocultivo, como em consórcio. Sendo que o eucalipto em consórcio,

apresentou maiores conteúdos desses nutrientes, quando comparados ao plantio em monocultivo.

4.2 Componente agrícola

4.2.1 Biomassa

Na Tabela 10, podemos verificar a biomassa total e, para cada fração, da cultura agrícola (milho), consorciada em cada tratamento das culturas florestais. Onde, T1(0A:100E); T2(100A:0E); T3(50E:50A); T4(75E:25A); T5(25E:75A).

Analisando os resultados obtidos para a biomassa da cultura agrícola, constatamos que nenhuma das frações difere estatisticamente entre tratamentos. A fração colmo apresentou o maior coeficiente de variação (22,2%), e o menor CV (%) foi observado na fração sabugo (6,1%).

A maior porcentagem de grãos, foi observada no T4(75E:25A), com 38,4% da biomassa total deste tratamento. Os valores encontrados para grãos ficaram entre 1,01 a 1,26 Mg ha⁻¹, sendo esses valores menores que os observados por outros autores em sistema agroflorestal com milho. Um motivo é a época do plantio, pois segundo Cruz et al. (2006), no Sul do Brasil, o milho geralmente é plantado de agosto a setembro, sendo que, o atraso na época de plantio, além dos meses de setembro-outubro, resulta em redução no ciclo da cultura e no rendimento de grãos. Os autores ainda ressaltam que, quanto mais tarde for o plantio, menor será o potencial e maior o risco de perdas por secas e/ou geadas e, geralmente, a causa dos baixos rendimentos de milho é o baixo número de plantas por área.

A seqüência para biomassa do milho, segue a seguinte ordem: grão > folha > colmo > sabugo > palha. Sendo que, geralmente colhem-se a espiga (grão + sabugo + palha), permanecendo no solo, colmo e folhas.

Oliveira et al. (1998), consorciaram milho com *Pinus taeda*, no Estado do Paraná, no ano de 1982 e encontraram 4,83 Mg ha⁻¹ de grãos para duas fileiras de milho, 5,93 Mg ha⁻¹ de grãos para três fileiras e 6,68 Mg ha⁻¹ de grãos para quatro fileiras de milho consorciadas com *Pinus taeda*, sendo estes valores maiores que os

encontrados no presente estudo. Os autores concluíram que o cultivo de três fileiras de milho é o tratamento mais indicado para os três primeiros anos da floresta de *Pinus*. E a associação *Pinus* + milho é recomendável, tanto para agricultores que desejam implantar um povoamento florestal, quanto para reflorestadores interessados na redução dos custos de reflorestamento.

Tabela 10 – Biomassa dos diferentes compartimentos do milho.

TRATAMENTOS	FOLHA	GRÃO	COLMO	PALHA	SABUGO	TOTAL
	Mg ha ⁻¹					
T1	0,84 a	1,18 a	0,87 a	0,18 a	0,22 a	3,29 a
T2	0,76 a	1,13 a	0,67 a	0,18 a	0,23 a	2,96 a
T3	0,84 a	1,01 a	0,72 a	0,14 a	0,21 a	2,92 a
T4	0,90 a	1,26 a	0,70 a	0,17 a	0,26 a	3,29 a
T5	0,93 a	1,11 a	0,85 a	0,18 a	0,24 a	3,31 a
CV (%)	18,5	14,2	22,2	18,5	6,1	14,0
-----%-----						
T1	25,6	35,8	26,4	5,4	6,8	100,0
T2	25,4	38,1	22,6	6,1	7,8	100,0
T3	28,5	34,6	24,6	4,9	7,4	100,0
T4	27,4	38,4	21,2	5,2	7,8	100,0
T5	28,1	33,7	25,7	5,3	7,2	100,0

*Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de erro.

Os valores encontrados neste estudo são semelhantes aos encontrados por Marques (1990), em consórcio com paricá (*Schizolobium amazonicum*), tatajuba (*Bagassa guianensis*), eucalipto (*Eucalyptus guinensis*) e milho (*Zea mays*), no Pará, onde a produção de milho em consórcio no primeiro ano de plantio, foi de 1,09 Mg ha⁻¹, 1,08 Mg ha⁻¹ e 1,05 Mg ha⁻¹, no consórcio com paricá, eucalipto e tatajuba, respectivamente. Conforme este autor, a produção de milho, correspondente à média dos três anos de cultivo, foi altamente expressiva, embora no terceiro ano tenha sido menor, em consequência da área ocupada e da provável competição, promovida tanto pelo sistema radicular, quanto pelas

copas das espécies florestais. O autor também concluiu, que o cultivo de milho no primeiro e, no segundo ano, possibilitou a redução de parte dos custos de implantação e condução das espécies florestais em cerca de 21 e 64%, respectivamente e, no terceiro ano, não correspondeu à expectativa para custear as despesas, nem seu próprio plantio.

Já Moniz (1987) consorciando eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell), com milho (*Zea Mayz*), no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, encontrou, 1,95 Mg ha⁻¹, para eucalipto + uma fileira de milho, 2,5 Mg ha⁻¹, para eucalipto + duas fileiras de milho, 2,6 Mg ha⁻¹, para eucalipto + três fileiras de milho e 3,2 Mg ha⁻¹, para eucalipto + quatro fileiras de milho. O autor ainda verificou que, quanto mais aumentava o número de fileiras de milho entre as filas de eucalipto, mais diminuía a produção de milho em gramas por planta, tendo o milho em monocultivo apresentado resultado inferior a todos os tratamentos em que houve consorciação da cultura agrícola com a florestal.

Como podemos observar na Tabela 11, a produção de grãos foi comparada por fileira de milho, para verificar se haveria diminuição na produção, nas fileiras mais próximas do plantio florestal. A produção de grãos para os tratamentos T1, T2, T4 e T5, não diferiram estatisticamente entre si, sendo que a presença das árvores não diminuiu a produção de grãos. Somente o tratamento T3 apresentou diferença estatisticamente significativa entre as fileiras B e a fileira C, mas não diferindo da fileira A.

Tabela 11 – Produção de grãos em porcentagem, para cada fileira de milho, nos 5 tratamentos. As fileiras A e C estão mais próximas das árvores e B é a fileira do centro, mais afastada das árvores.

Fileiras de milho	T1	T2	T3	T4	T5
	-----%-----				
Fileira A	34,4 a*	31,9 a	32,5 ab	33,2 a	36,6 a
Fileira B	33,4 a	31,2 a	29,7 b	29,1 a	34,0 a
Fileira C	32,4 a	36,9 a	37,8 a	37,7 a	29,4 a
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

*Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de erro.

Marin et al. (2006), em um sistema agroflorestal de *Gliricidia sepium* (leguminosa arbórea) com milho, no Agreste Paraibano, avaliaram a produtividade da cultura, levando em consideração a distância das árvores. O plantio do milho foi realizado a 1, 2 e 3 m metros de distância das árvores. Os autores encontraram maior produção de grãos ($0,48 \text{ kg Mg ha}^{-1}$) na fileira a 1m de distância das árvores, $0,34 \text{ Mg ha}^{-1}$, a 2 m de distância e $0,40 \text{ kg Mg ha}^{-1}$, a 3m de distância. Para palha, o comportamento foi semelhante, quanto mais próximo das árvores maior a quantidade de biomassa, $1,16 \text{ Mg ha}^{-1}$, a 1m de distância das árvores, $1,10 \text{ Mg ha}^{-1}$ a 2 m de distância e $0,63 \text{ Mg ha}^{-1}$, a 3 m de distância das árvores. As fileiras mais próximas das árvores podem ter usufruído da adubação das mesmas, aumentando assim sua produtividade.

4.2.2 Teor de nutrientes

Na Tabela 12, estão representados os teores médios dos nutrientes de cada fração que compõem o milho. Os tratamentos não variaram estatisticamente entre si, para cada fração, em cada nutriente.

Para a fração folhas, o macronutriente que apresentou maiores teores, foi o cálcio, com variação de $3,52$ a $3,63 \text{ g kg}^{-1}$, para os micronutrientes, foi o ferro, com $521,70$ a $643,44 \text{ mg kg}^{-1}$, e o manganês com $226,69$ a $339,66 \text{ mg kg}^{-1}$.

Os grãos apresentaram maiores teores de nitrogênio, com uma variação de $15,28$ a $16,20 \text{ g kg}^{-1}$, fósforo, com $4,05$ a $4,27 \text{ g kg}^{-1}$, magnésio, com $2,30$ a $2,67 \text{ g kg}^{-1}$, para os macronutrientes, e boro, com $20,13$ a $22,53 \text{ mg kg}^{-1}$, e zinco, com $32,83$ a $35,88 \text{ mg kg}^{-1}$, para os micronutrientes.

O colmo teve maiores teores para o potássio, com $13,70$ a $17,75 \text{ g kg}^{-1}$, e sódio, com $1,33$ a $1,83 \text{ g kg}^{-1}$, para os macronutrientes e cobre, com $11,08$ a $12,97 \text{ mg kg}^{-1}$ e o zinco com $31,83$ a $51,88 \text{ mg kg}^{-1}$, para os micronutrientes.

A fração palha apresentou os menores teores de nitrogênio ($2,95$ a $3,32 \text{ g kg}^{-1}$), fósforo ($0,20$ a $0,26 \text{ g kg}^{-1}$), enxofre ($0,46$ a $0,72 \text{ g kg}^{-1}$), cobre ($3,85$ a mg kg^{-1}) e zinco ($12,42$ a $14,54 \text{ mg kg}^{-1}$). A fração sabugo, teve os menores teores de cálcio ($0,04$ a $0,25 \text{ g kg}^{-1}$), magnésio ($0,29$ a $0,35 \text{ g kg}^{-1}$), boro ($3,66$ a $4,95 \text{ mg kg}^{-1}$) e ferro ($19,47$ a $33,43 \text{ mg kg}^{-1}$).

Na Tabela 13 temos os valores médios da cultura do milho para cada fração, sendo que, entre as frações, os teores de nutrientes variaram estatisticamente. A fração folhas apresentou maiores teores de Ca, Fe e Mn. Grão com os maiores teores de N, P e B. Colmo com maiores teores de K, Mg, S, Cu e Zn.

Tabela 12 - Teores de nutrientes para cultura agrícola (milho), nas suas frações (folha, grão, colmo, palha e sabugo).

TRAT.	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
FOLHA											
T1	14,21 a	0,87 a	3,27 a	3,63 a	1,65 a	1,28 a	17,45 a	9,51 a	535,01 a	226,69 a	26,51 a
T2	14,74 a	0,90 a	3,04 a	3,63 a	1,55 a	1,22 a	14,78 a	10,97 a	643,44 a	222,51 a	27,42 a
T3	14,12 a	0,81 a	3,18 a	3,55 a	1,35 a	1,29 a	13,13 a	9,79 a	521,70 a	339,66 a	25,85 a
T4	15,12 a	0,84 a	3,31 a	3,63 a	1,44 a	1,38 a	15,46 a	11,79 a	575,42 a	229,54 a	26,73 a
T5	14,30 a	0,85 a	2,91 a	3,52 a	1,61 a	1,03 a	14,70 a	10,45 a	590,56 a	249,30 a	23,98 a
CV (%)	8,22	11,54	18,11	7,68	16,32	10,74	10,72	13	18,69	30,55	14,43
GRÃO											
T1	15,74 a	4,07 a	6,33 a	0,16 a	2,30 a	0,98 a	22,13 a	5,10 a	30,24 a	1,32 a	35,88 a
T2	16,12 a	4,27 a	6,40 a	0,14 a	2,64 a	1,00 a	22,02 a	5,41 a	29,49 a	0,53 a	35,63 a
T3	16,20 a	4,05 a	6,88 a	0,16 a	2,56 a	1,06 a	20,13 a	5,66 a	39,05 a	2,99 a	35,47 a
T4	15,95 a	4,17 a	6,73 a	0,17 a	2,45 a	1,13 a	22,53 a	5,99 a	28,47 a	0,99 a	32,83 a
T5	15,28 a	4,15 a	6,61 a	0,17 a	2,67 a	1,07 a	21,40 a	6,33 a	28,81 a	0,41 a	34,07 a
CV (%)	6,35	9,85	4,73	20,04	6,44	13,02	13,55	9,62	29,46	128,19	9,95
COLMO											
T1	6,40 a	0,47 a	15,33 a	1,94 a	2,93 a	1,83 a	13,45 a	12,56 a	150,75 a	40,26 a	35,89 a
T2	5,37 a	0,45 a	17,75 a	1,72 a	2,42 a	1,72 a	11,99 a	12,97 a	144,37 a	37,25 a	39,60 a
T3	5,86 a	0,49 a	14,57 a	1,53 a	2,22 a	1,67 a	12,59 a	11,08 a	208,18 a	77,70 a	31,83 a
T4	6,78 a	0,47 a	13,70 a	2,04 a	2,52 a	1,73 a	13,74 a	12,42 a	152,89 a	60,89 a	37,14 a
T5	5,48 a	0,46 a	15,11 a	1,84 a	2,55 a	1,33 a	13,24 a	11,75 a	265,18 a	65,30 a	51,86 a
CV (%)	19,38	17,38	15,9	16,42	17,44	22,84	17,42	13,82	55,68	63,63	25,56
PALHA											
T1	3,32 a	0,26 a	7,61 a	0,65 a	1,13 a	0,52 a	12,46 a	5,68 a	40,23 a	22,22 a	12,57 a
T2	3,29 a	0,23 a	7,51 a	0,70 a	1,18 a	0,46 a	11,20 a	4,69 a	48,54 a	24,82 a	14,54 a
T3	3,22 a	0,21 a	7,10 a	0,68 a	1,03 a	0,46 a	11,54 a	3,85 a	47,48 a	57,98 a	13,11 a
T4	3,11 a	0,20 a	6,98 a	0,79 a	1,04 a	0,72 a	12,99 a	5,67 a	46,84 a	37,37 a	13,12 a
T5	2,95 a	0,20 a	7,26 a	0,65 a	1,11 a	0,63 a	11,00 a	4,84 a	52,57 a	30,67 a	12,42 a
CV (%)	10,07	17,76	10,97	11,85	12,76 a	17,5	9,97	21,85	19,57	66,49	15,2
SABUGO											
T1	4,52 a	0,33 a	11,49 a	0,09 a	0,34 a	1,04 a	4,95 a	4,72 a	20,75 a	3,41 a	18,62 a
T2	4,55 a	0,35 a	11,32 a	0,25 a	0,35 a	0,85 a	3,95 a	5,04 a	19,47 a	2,27 a	20,00 a
T3	4,70 a	0,32 a	10,73 a	0,08 a	0,29 a	0,95 a	3,66 a	5,01 a	33,43 a	7,11 a	17,67 a
T4	4,76 a	0,31 a	10,90 a	0,12 a	0,32 a	0,86 a	4,20 a	5,37 a	20,37 a	3,11 a	17,88 a
T5	5,12 a	0,41 a	13,00 a	0,04 a	0,33 a	0,83 a	4,17 a	4,31 a	23,01 a	0,00 a	16,33 a
CV (%)	15,53	20,71	13,52	92,26	9,02	20,52	22,47	10,78	32,44	134,9	19,5

*Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de erro.

Tabela 13 - Teores médios de nutrientes no milho, para cada fração (folha, grão, colmo, palha e sabugo).

Frações	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g Kg ⁻¹						mg Kg ⁻¹				
Folha	14,50 b	0,85 b	3,14 d	3,59 a	1,52 b	1,22 a	15,10 b	10,50 b	573,2 a	253,54 a	26,10 b
Grão	15,86 a	4,14 a	6,59 c	0,16 d	2,52 a	1,05 b	21,64 a	5,70 c	31,21 c	1,15 d	34,78 a
Colmo	5,98 c	0,47 c	15,29 a	1,81 b	2,53 a	1,66 a	13,00 c	12,16 a	184,27 b	56,28 b	39,27 a
Palha	3,18 e	0,22 c	7,29 c	0,69 c	1,10 c	0,56 d	11,80 c	4,95 c	47,13 c	34,61 bc	13,15 c
Sabugo	4,73 d	0,34 c	11,48 b	0,12 d	0,33 d	0,91 d	4,18 d	4,89 c	23,41 c	3,18 cd	18,09 c
CV (%)	11,2	20,38	21,43	17,3	19,53	18,69	15,49	20,43	52,47	45,91	24,32

* Médias seguidas pelas mesmas letras, na vertical, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de erro.

4.2.3 Conteúdo de nutrientes

Analisando a Tabela 14, verifica-se que o maior conteúdo de nitrogênio, foi apresentado nos grãos, com 16,47 a 20,10 kg ha⁻¹, e o menor conteúdo foi para palha, com 0,46 a 0,59 kg ha⁻¹.

O fósforo teve o mesmo comportamento que o nitrogênio, com maiores quantidades nos grãos, com 4,14 a 5,31 kg ha⁻¹, e menores quantidades para palha, com 0,03 e 0,04 kg ha⁻¹.

O conteúdo de potássio, foi maior no colmo, com 10,03 a 13,23 kg ha⁻¹, e o menor para palha 1,01 a 1,35 kg ha⁻¹.

Com referência ao conteúdo de cálcio, foi maior nas folhas, com 2,72 a 3,37 kg ha⁻¹, e menor nos sabugos 0,01 a 0,06 kg ha⁻¹.

O magnésio apresentou comportamento semelhante ao N e ao K, com maiores quantidades nos grãos, variando de 2,74 a 3,12 kg ha⁻¹, e os menores valores ficaram entre 0,06 e 0,08 kg ha⁻¹.

Quanto ao conteúdo de enxofre, os maiores conteúdos foram para grãos e colmo, com 1,05 a 1,41 kg ha⁻¹ e 1,13 a 1,59 kg ha⁻¹, respectivamente.

A maior quantidade de boro, foi nas folhas, variando de 20,12 a 28,43 g ha⁻¹, e a menor quantidade foi na fração sabugo, com 0,79 a 1,10 g ha⁻¹.

Com referência ao ferro, as maiores quantidades foram para folhas, com 443,11 a 553,41 g ha⁻¹, e as menores quantidades na fração sabugo, com 4,48 a 5,50 g ha⁻¹.

Para o manganês, os maiores conteúdos estiveram nas folhas, com 165,69 a 265,78 g ha⁻¹, e os menores conteúdos na fração sabugo, variando de 0,00 a 1,45 g ha⁻¹.

O zinco apresentou maiores quantidades nos grãos, com 35,54 a 41,99 g ha⁻¹, e as menores quantidades na palha, com 1,87 a 2,58 g ha⁻¹.

A biomassa total do milho, no tratamento 1, apresentou maiores quantidades de Mg e B, no tratamento 3, Mn, no tratamento 4, as maiores quantidades foram para N, P, Ca, S e Cu. No tratamento 5, as maiores quantidades de nutrientes para biomassa total foram para K, Fe e Zn.

Marin et al. (2006), em um sistema agroflorestal de *Gliricidia sepium* (leguminosa arbórea) com milho, no Agreste Paraibano, encontraram as seguintes

médias de quantidades de N, P e K para grão e palha de milho: 6,09; 2,02; 2,55 Kg ha⁻¹, de N, P, K, respectivamente para grão e 6,74; 1,73; 13,68 Kg ha⁻¹ de N, P, K, respectivamente para palha.

Em um sistema agroflorestal de leucena, consorciado com milho + feijão, as quantidades de nutrientes exportadas pelos grãos (milho+feijão) no cultivo em aléias encontrados por Mafra et al. (1998) foi 22,7 de N, 3,3 de P, 6,4 de K, 0,7 de Ca e 1,4 de Mg em Kg ha⁻¹, respectivamente. Esses autores constataram que o P, é o elemento que se armazena principalmente nos grãos, tendo a maior remoção pela colheita, em relação à reciclagem total. Já os demais nutrientes, retornaram com a palha das culturas.

Tabela 14 - Conteúdo de nutrientes no milho, nas suas frações (folha, grão, colmo, palha e sabugo).

Frações	kg ha ⁻¹						g ha ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamento 1											
FOLHA	11,96	0,73	2,77	3,05	1,39	1,08	14,63	8,01	443,64	190,73	22,21
GRÃO	18,55	4,79	7,49	0,20	2,74	1,15	26,37	6,19	36,44	1,68	41,99
COLMO	5,43	0,40	13,23	1,65	2,51	1,59	11,50	10,75	125,48	34,63	30,65
PALHA	0,58	0,04	1,35	0,11	0,20	0,09	2,18	1,00	7,04	3,85	2,23
SABUGO	1,01	0,07	2,59	0,02	0,08	0,23	1,10	1,05	4,56	0,70	4,21
TOTAL	37,55	6,04	27,43	5,03	6,93	4,14	55,79	27,00	617,16	231,59	101,30
Tratamento 2											
FOLHA	11,07	0,67	2,27	2,72	1,18	0,92	11,07	8,27	492,15	165,69	20,64
GRÃO	18,36	4,88	7,31	0,15	3,00	1,13	24,73	6,04	33,33	0,68	40,29
COLMO	3,59	0,30	11,87	1,13	1,63	1,13	7,92	8,49	94,56	24,27	26,79
PALHA	0,59	0,04	1,35	0,13	0,21	0,08	2,06	0,85	9,04	4,59	2,58
SABUGO	1,05	0,08	2,59	0,06	0,08	0,20	0,93	1,14	4,48	0,49	4,58
TOTAL	34,66	5,97	25,39	4,19	6,10	3,45	46,70	24,81	633,55	195,72	94,89
Tratamento 3											
FOLHA	11,78	0,68	2,75	2,96	1,16	0,99	11,13	8,34	443,11	265,78	22,05
GRÃO	16,47	4,14	7,02	0,15	2,64	1,05	20,12	5,60	37,41	2,81	35,54
COLMO	4,19	0,36	11,10	1,09	1,72	1,17	9,24	8,13	145,53	49,95	22,68
PALHA	0,46	0,03	1,01	0,10	0,15	0,07	1,65	0,54	6,74	8,10	1,87
SABUGO	0,99	0,07	2,28	0,02	0,06	0,20	0,79	1,06	7,30	1,45	3,75
TOTAL	33,89	5,27	24,16	4,31	5,71	3,48	42,92	23,67	640,10	328,10	85,89
Tratamento 4											
FOLHA	13,72	0,77	3,04	3,37	1,36	1,24	14,46	10,57	553,41	205,56	25,02
GRÃO	20,10	5,31	8,54	0,21	3,12	1,41	28,43	7,60	37,16	0,68	41,57
COLMO	4,54	0,32	10,03	1,42	1,85	1,23	9,40	8,66	102,65	38,08	26,15
PALHA	0,53	0,03	1,20	0,14	0,18	0,12	2,26	0,97	8,10	5,93	2,27
SABUGO	1,20	0,08	2,82	0,03	0,08	0,22	1,09	1,34	5,15	0,71	4,49
TOTAL	40,08	6,51	25,63	5,17	6,60	4,23	55,65	29,14	706,47	250,97	99,50
Tratamento 5											
FOLHA	13,30	0,79	2,71	3,27	1,50	0,96	13,66	9,72	548,46	231,43	22,27
GRÃO	17,09	4,65	7,38	0,18	2,94	1,21	23,85	6,88	31,63	0,44	38,12
COLMO	4,69	0,39	12,97	1,52	2,15	1,14	10,87	9,92	215,18	52,84	45,74
PALHA	0,52	0,04	1,30	0,11	0,19	0,11	1,93	0,84	9,42	5,40	2,15
SABUGO	1,22	0,10	3,11	0,01	0,08	0,20	0,99	1,03	5,50	0,00	3,89
TOTAL	36,83	5,97	27,46	5,11	6,86	3,61	51,29	28,39	810,19	290,10	112,16

4.3 Implicações ecológicas do Sistema Agroflorestal

As coletas de dados foram realizadas quando o plantio encontrava-se com 10 meses de idade. Com esta idade as alturas do eucalipto e acácia-negra, em plantio homogêneo e misto para cada tratamento, não diferiram estatisticamente entre si. O diâmetro do colo para as duas espécies teve o mesmo comportamento que o verificado para altura. A acácia-negra apresentou maiores volumes que o eucalipto, pois sendo uma espécie leguminosa, e indicada para recuperar solos degradados, apresenta crescimento inicial maior que o eucalipto. Também apresentou maior quantidade de biomassa para as frações, folhas, galhos e tronco, tanto em plantio homogêneo como misto.

Como houve atraso na época de plantio das espécies florestais, sendo o plantio realizado no mês de dezembro, e ainda houve ocorrência de severas geadas durante o inverno, o plantio de eucalipto ficou prejudicado, já a acácia-negra por ser uma espécie mais resistente não foi afetada.

Se o propósito principal de incorporar uma espécie leguminosa, é aumentar a concentração de nitrogênio, isto pode ser feito possivelmente usando uma proporção pequena de leguminosas (Khanna, 1997). Sendo assim, o tratamento T4 (75% eucalipto + 25% acácia-negra) apresenta-se promissor para plantios consorciados, onde o produto principal desejado são toras de eucalipto, tanto para produção de celulose, quanto para madeira ou lenha. Esse consórcio favorece as duas espécies, pois ambas têm exigências nutricionais diferenciadas e, sendo assim, ambas têm o crescimento acelerado.

Para a biomassa das duas espécies, a fração tronco apresentou a maior porcentagem em relação ao total.

Por haver atraso na época do plantio das espécies florestais, a semeadura do milho também teve atrasado, não tendo a produtividade esperada. Sendo os valores encontrados para grãos menores que os observados por outros autores em sistema agroflorestal, com milho semeado em época correta. Pois, conforme Cruz et al. (2006), quanto mais tarde for realizado o plantio, menor será o potencial e maior o risco de perdas por secas e/ou geadas e, geralmente, a causa dos baixos rendimentos de milho é o baixo número de plantas por área.

Na Tabela 15, temos a simulação da exportação de nutrientes na colheita do milho. Como podemos observar, no tratamento T4(75E:25A), a cultura do milho exportou mais macronutrientes. Isto se deve ao maior conteúdo de nutrientes encontrado na biomassa do milho, nesse tratamento. Sendo exportados $38,69 \text{ Kg ha}^{-1}$ de macronutrientes, se forem colhidos somente os grãos, no caso de colheita mecanizada. Já, se a colheita for manual, método mais utilizado em pequenas propriedades, onde se colhe a espiga (grão + sabugo + palha), serão exportados $45,33 \text{ Kg ha}^{-1}$ de macronutrientes. Para os micronutrientes, o tratamento T4(75E:25A) apresentou maior exportação para grão e para espiga, com $115,43 \text{ g ha}^{-1}$ e $147,76 \text{ g ha}^{-1}$, respectivamente.

Se forem colhidos somente os grãos, a exportação para macronutrientes obedece à seguinte ordem: $\text{N} > \text{K} > \text{P} > \text{Mg} > \text{S} > \text{Ca}$, já se for colhida a espiga, a exportação de macronutrientes tem a seguinte ordem: $\text{N} > \text{K} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{S}$. Conforme Coelho et al. (2002), depois do nitrogênio, o potássio é o elemento absorvido em maiores quantidades pelo milho, onde, em média, 30% são exportados nos grãos.

Os micronutrientes mais exportados são o Fe e o Zn. Para Coelho et al. (2002), no Brasil, o zinco é o micronutriente mais limitante à produção do milho.

Se forem colhidos somente os grãos, deixando as demais frações da planta sobre o solo, a exportação de nutrientes será menor, pois a incorporação desse material ao solo, devolve ao mesmo, grande parte de nutrientes, que serão absorvidos pela floresta, contribuindo para seu desenvolvimento. De acordo com Coelho et al. (2002), com essa incorporação dos restos culturais, são devolvidos ao solo, principalmente o potássio e o cálcio, contidos na palhada. Conforme os mesmos autores, quando o milho é colhido para silagem, além dos grãos, a parte vegetativa também é removida, havendo, conseqüentemente, alta extração e exportação de nutrientes, o que provocará problemas de fertilidade do solo mais cedo.

Tabela 15 – Exportação de nutrientes na colheita do milho, em função de diferentes intensidades de utilização em cinco tratamentos.

Frações	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	kg ha ⁻¹						g ha ⁻¹				
Tratamento 1											
Grão	18,55	4,79	7,49	0,20	2,74	1,15	26,37	6,19	36,44	1,68	41,99
Espiga	20,15	4,90	11,43	0,33	3,02	1,47	29,66	8,24	48,04	6,23	48,44
Espiga+Folha	32,11	5,64	14,20	3,38	4,41	2,55	44,29	16,25	491,68	196,96	70,65
Espiga+Folha+Colmo	37,55	6,04	27,43	5,03	6,93	4,14	55,79	27,00	617,16	231,59	101,30
Tratamento 2											
Grão	18,36	4,88	7,31	0,15	3,00	1,13	24,73	6,04	33,33	0,68	40,29
Espiga	20,00	5,00	11,25	0,34	3,29	1,41	27,71	8,04	46,85	5,77	47,45
Espiga+Folha	31,07	5,67	13,52	3,06	4,47	2,33	38,78	16,31	539,00	171,46	68,09
Espiga+Folha+Colmo	34,66	5,97	25,39	4,19	6,10	3,45	46,70	24,81	633,56	195,73	94,89
Tratamento 3											
Grão	16,47	4,14	7,02	0,15	2,64	1,05	20,12	5,60	37,41	2,81	35,54
Espiga	17,92	4,24	10,31	0,27	2,84	1,32	22,55	7,20	51,45	12,36	41,16
Espiga+Folha	29,70	4,92	13,06	3,22	4,00	2,30	33,68	15,54	494,57	278,14	63,21
Espiga+Folha+Colmo	33,89	5,27	24,16	4,31	5,71	3,48	42,92	23,67	640,10	328,10	85,89
Tratamento 4											
Grão	20,10	5,31	8,54	0,21	3,12	1,41	28,43	7,60	37,16	0,68	41,57
Espiga	21,83	5,42	12,56	0,38	3,39	1,75	31,78	9,91	50,42	7,32	48,33
Espiga+Folha	35,55	6,19	15,60	3,75	4,75	2,99	46,24	20,48	603,83	212,88	73,35
Espiga+Folha+Colmo	40,08	6,51	25,63	5,17	6,60	4,23	55,65	29,14	706,47	250,97	99,50
Tratamento 5											
Grão	17,09	4,65	7,38	0,18	2,94	1,21	23,85	6,88	31,63	0,44	38,12
Espiga	18,84	4,79	11,78	0,31	3,21	1,52	26,77	8,75	46,55	5,84	44,15
Espiga+Folha	32,13	5,58	14,49	3,58	4,71	2,47	40,43	18,47	595,01	237,27	66,43
Espiga+Folha+Colmo	36,83	5,97	27,46	5,11	6,86	3,61	51,29	28,39	810,19	290,10	112,16

O plantio da floresta encontrava-se com 10 meses de idade no momento da análise do sistema, com esta idade o plantio florestal não ficou prejudicado com a presença da cultura do milho, além de não ser prejudicada, a floresta se beneficiará dos restos da cultura, que permaneceram no local, e serão incorporados ao solo, contribuindo com nutrientes para o crescimento da floresta.

Conforme Ferreira Neto (1994), a diferença na eficiência de utilização, na concentração e na mobilização dos nutrientes por parte das leguminosas indica que o plantio combinado de leguminosas pode contribuir para uma maior eficiência na utilização de nutrientes e, conseqüentemente, beneficiar o eucalipto consorciado.

Na Figura 14, temos a análise do sistema agroflorestal, para o *Eucalyptus urograndis*, *Acacia mearnsii* e *Zea mayz*, no tratamento T3 (50% eucalipto:50% acácia-negra), onde estão representadas as entradas de N, P e K, via adubação, o acúmulo na biomassa das espécies florestais, a exportação de N, P e K para colheita da espiga de milho, como também o retorno ao solo dos nutrientes alocados nas frações folha e colmo, da cultura do milho.

No tratamento T3(50E:50A), o eucalipto apresentou 320 kg ha⁻¹ de biomassa total, sendo 25,6% nas folhas, 32,1% nos galhos e 42,3% no tronco. A acácia-negra, apresentou 830 kg ha⁻¹ de biomassa total, sendo 20,4% nas folhas, 40,0% nos galhos e 39,6% no tronco.

Para a acácia-negra e para o eucalipto, a entrada via adubação foi: 5,21 kg ha⁻¹ de N, 19,91 kg ha⁻¹ de P e 12,94 kg ha⁻¹ de K, em cada espécie. O acúmulo de N, P e K, na acácia-negra foi de 9,83 kg ha⁻¹ de N, 0,81 kg ha⁻¹ de P e 4,03 kg ha⁻¹ de K. O eucalipto acumulou 4,09 kg ha⁻¹ de N, 0,34 kg ha⁻¹ de P e 1,91 kg ha⁻¹ de K. A acácia-negra teve maior acúmulo de N P K, devido a sua maior quantidade de biomassa.

A cultura do milho, apresentou no T3(50E:50A), 2920 kg ha⁻¹ de biomassa total, sendo 28,5% na folha, 34,6% no grão, 24,6% no colmo, 4,9% na palha e 7,4% no sabugo.

A entrada via adubação para o milho, foi de 14,40 kg ha⁻¹, para N, 31,44 kg ha⁻¹ de P e 14,40 kg ha⁻¹ de K. A exportação de NPK, pela colheita da espiga, é de 17,92 kg ha⁻¹, 4,24 kg ha⁻¹ e 10,31 kg ha⁻¹, respectivamente. Permanecendo as frações, folha e colmo no solo, retornam via ciclagem de

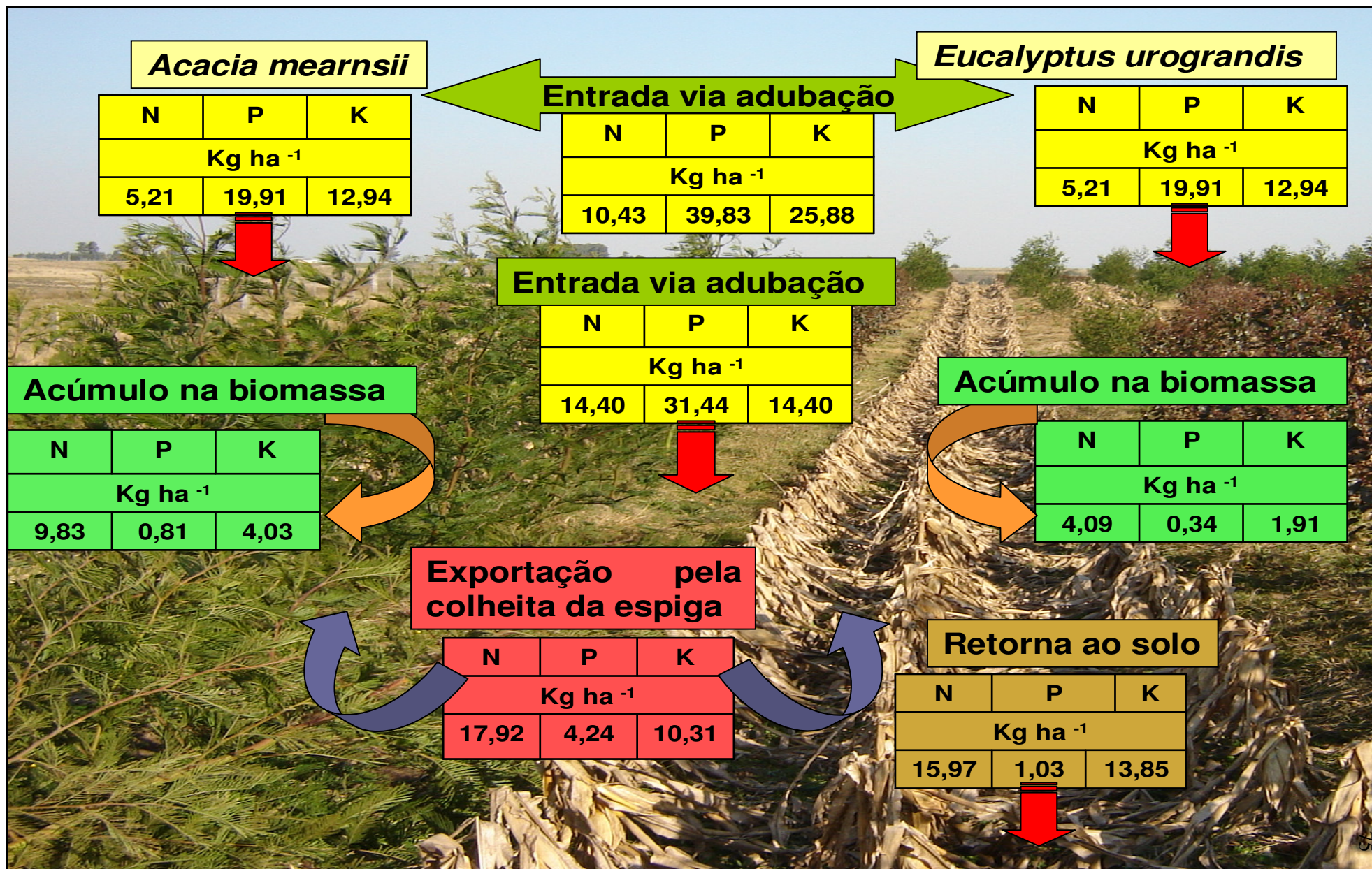


Figura 14 – Análise do sistema agroflorestal.

nutrientes: 15,97 kg ha⁻¹ de N; 1,03 kg ha⁻¹ de de P e 13,85 kg ha⁻¹ de K. Colhendo somente os grãos, serão exportados: 16,47 kg ha⁻¹ de N, 4,14 kg ha⁻¹ de de P e 7,02 kg ha⁻¹ de K. Permanecendo no solo as frações palha, sabugo, folha e colmo, retornam ao mesmo; 17,42 kg ha⁻¹ de N; 1,13 kg ha⁻¹ de P e 17,14 kg ha⁻¹ de K.

Analisando a Figura 14, podemos observar que em uma colheita de milho, onde é colhida a espiga (grão+ sabugo+ palha), é retirado do solo, um quantia maior de N P K, que o que temos acumulado na biomassa da acácia-negra e do eucalipto aos 10 meses de idade.

O consórcio de eucalipto + acácia-negra + cultura agrícola se complementam, pois conforme Lopes e Garcia (2002), além da produção de madeira, os consórcios apresentam outras vantagens, como: proteção contra o impacto da água da chuva, reduzindo os problemas com erosão, sombreamento do solo, diminuindo a perda de água nos períodos mais secos, diminuição dos danos causados pelo frio excessivo, redução da perda de umidade pela ação dos ventos, melhoria das características químicas e físicas do solo.

Conforme Gama-Rodrigues et al. (2006), os sistemas agroflorestais (SAF's), por enfatizarem as funções ecológicas do sistema solo-planta para a manutenção ou melhoria da capacidade produtiva do solo, e por prestarem diversos serviços ambientais, seriam os mais viáveis para as condições dos trópicos úmidos e subúmidos, pois são sistemas de uso sustentável da terra que combinam, de maneira simultânea ou em seqüência, a produção de cultivos agrícolas com animais, plantações de árvores frutíferas ou florestais, utilizando a mesma área de terra e aplicando técnicas de manejo que são compatíveis com as práticas culturais da população local.

A integração entre grãos, animais e florestas propiciam menores riscos de variação de clima e de mercado no médio e longo prazo, tornando-se uma alternativa interessante para aumentar a renda das propriedades rurais (Dossa e Vilcahuaman, 2001). De acordo com esses autores, atualmente é crescente a atenção por parte dos pesquisadores e técnicos para elaborar estudos que fortaleçam o desenvolvimento dos sistemas agroflorestais de forma sustentável.

5 CONCLUSÕES

Após avaliar os resultados obtidos na pesquisa, obtiveram-se as seguintes conclusões, para o componente arbóreo:

O plantio homogêneo de eucalipto e acácia-negra, não diferiram em altura e diâmetro do colo em relação ao plantio misto.

O volume cilíndrico da acácia-negra, tanto em plantio homogêneo como misto, foi maior que para o eucalipto, pois apresentou maior crescimento inicial;

As folhas de eucalipto, acácia-negra e milho, aos quatro meses de idade, apresentaram para macronutrientes, a seguinte ordem: N>P>Ca>Mg>P>S, e para os micronutrientes: Mn>Fe>B>Zn>Cu;

A acácia-negra em plantio homogêneo, apresentou maior acúmulo de biomassa acima do solo, com 4,11 Mg ha⁻¹, sendo 37,3% nas folhas, 23,3% nos galhos e 39,4% no tronco. Em plantio misto o tratamento T5 (25E:75A) teve maior acúmulo de biomassa, com 2,82 Mg ha⁻¹, sendo 35,1% nas folhas, 25,8% nos galhos e 39,1% no tronco;

O acúmulo de biomassa para cada fração, teve a seguinte ordem, para T1 e T3: tronco>galho>folha e, para T2, T4 e T5: tronco>folha>galho;

Os maiores teores de nutrientes da biomassa das árvores, encontram-se nas folhas, seguidas de galhos e tronco;

A acácia-negra em plantio homogêneo, apresentou maior acúmulo de nutrientes, pois teve maior quantidade de biomassa total;

Na biomassa total por tratamento, o acúmulo de nutrientes teve a seguinte ordem: T2(100A) > T5(25E:75A) > T4(75E:25A) > T3(50E:50A) > T1(100E).

Para o componente agrícola, foi possível concluir:

A maior porcentagem de grãos, foi observada no T4(75E:25A), com 38,4% da biomassa total deste tratamento. Os valores encontrados para grãos ficaram

entre 1,01 a 1,26 Mg ha⁻¹, sendo esses valores menores que os observados por outros autores em sistema agroflorestal com milho;

A seqüência para biomassa do milho, segue a seguinte ordem: grão > folha > colmo > sabugo > palha. Onde, geralmente colhem-se a espiga (grão + sabugo + palha), permanecendo no solo, colmo e folhas;

A fração folhas apresentou os maiores teores de Ca, Fe e Mn. Nos grãos, os maiores teores foram observados para N, P, Mg, B e Zn. Colmo apresentou os maiores teores de K, S, Cu e Zn;

Para fração folhas, colmo, palha e biomassa total da cultura, o tratamento que apresentou maior acúmulo de nutrientes foi o T5(25E;75A). Os grãos apresentaram o maior acúmulo de nutrientes no T4(75E:25A), e a fração sabugo apresentou o maior acúmulo de nutrientes no T3(50E:50A).

Para o sistema agroflorestal, foi possível concluir:

No tratamento T4(75E:25A), a cultura do milho exportou mais macronutrientes (38,69 Kg ha⁻¹) colhendo somente grãos. Se for colhida a espiga, serão exportados 45,33 Kg ha⁻¹ de macronutrientes.

Para os micronutrientes, o tratamento T4(75E:25A) apresentou maior exportação para grão e para espiga, com 115,43 g ha⁻¹ e 147,76 g ha⁻¹, respectivamente;

A floresta se beneficiará com os restos da cultura do milho, que serão incorporados ao solo fornecendo nutrientes para o desenvolvimento da floresta;

Na ocasião da colheita da floresta, como foi na colheita do milho, deverá ser deixado sobre o solo os resíduos, para que estes devolvam ao solo, em parte os nutrientes retirados na fase de crescimento da floresta;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R. L. 2006. Imagem: Rio Grandedo Sul Municip Bage.svg. Disponível em: < http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:RioGrandedoSul_Municip_Bage.svg>. Acesso em 20 out. 2007.

ALTHAUS, R. A.; CANTERI, M. G.; GIGLIOTI, E. A. Tecnologia da informação aplicada ao agronegócio e ciências ambientais: sistema para análise e separação de médias pelos métodos de Duncan, Tukey e Scott-Knott. 2001, Ponta Grossa. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10º, **Anais...**Ponta Grossa, 2001. p. 280-281, pt 1.

BALIEIRO, F. C. et al. Biomassa acumulada da parte aérea de *Acacia mangium Willd.* e *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand cinco anos após o plantio no sudeste brasileiro. In: FOREST'99 – INTERNATIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON FOREST, 5. 1999. Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1999. 1 CD-ROM.

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.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: **Nutrição e Fertilização Florestal**, Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2005, 427p.

BRISTOW, M. et al. Growth and species interactions of *Eucalyptus pellita* in a mixed and monoculture plantation in the humid tropics of north Queensland. **Forest Ecology and Management**, n.233, p.285-294, 2006.

CALDEIRA, M. V. W. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)**. 1998. 96 f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Exportação de nutrientes em função do tipo de exploração em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p.97-104, jan/dez. 2002.

CALIL, F. N. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em um sistema silvipastoril com *Acacia mearnsii* De Wild, no município de Tupanciretã, RS**. 2003. 77 f. Dissertação (Mestrado em silvicultura) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

CARVALHO, J. E. U. de. Utilização de Espécies Frutíferas em Sistemas Agroflorestais na Amazônia. **Sistemas Agroflorestais – Bases Científicas**

para o Desenvolvimento Sustentável. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, RJ, 2006, 365 p.

CLERCK, F. A. J. de; NEGREROS-CASTILLO, P. Plant species of traditional Mayan homegardens of Mexico as analogs for multistrata agroforests. **Agroforest Systems**, v. 48, number 3, May, 2000. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/gu37181w12022j7l/>. Acesso em: 14 ago 2007.

COELHO, A. M. et al. **Cultivo do milho – nutrição e adubação.** Sete Lagoas: Embrapa, 2002, 12 p. Comunicado Técnico, n. 44.

COELHO, S. R. de F. **Crescimento e fixação de nitrogênio em plantios mistos de eucalipto e leguminosas arbóreas nativas.** 2006. 55 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais – Silvicultura e Manejo Florestal) – Escola Superior de Agricultura, Piracicaba.

COUTO, L. et al. Produção e alocação de biomassa em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v.1, n. 4, p. 321-334, 2004.

CRUZ, J. C. et al. **Manejo da cultura do milho.** Sete Lagoas: Embrapa, 2006, 12 p. Comunicado Técnico, n. 87.

DOSSA, D. et al. **Aplicativo com análise de rentabilidade para sistemas de produção de florestas cultivadas e de grãos.** Colombo: Embrapa Florestas, 2000, 56 p. (Documentos, 39).

DOSSA, D.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **A Atividade Florestal e Agroflorestal como Alternativas de Renda aos Produtores Rurais.** Colombo: Embrapa Florestas, 2001, 6 p. Circular Técnica n. 53.

FERREIRA NETO, P. S. **Comportamento inicial do *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em plantio consorciado com leguminosas na região do Médio Rio Doce, Minas Gerais.** 1994. 78 f. Tese (Doutorado em Ciência florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J.; KHANNA, P. K. Growth dynamics in a mixed-species plantation of *Eucalyptus globulos* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, n. 193, p.81-95, 2004.

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**, n. 209, p.147-155, 2005.

FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J.; COWIE, A. L. Carbon allocation in a mixed-species plantation of *Eucalyptus globulos* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, n. 233, p.275-284, 2006.

FORRESTER, D. I. et al. Mixed-species plantations of *Eucalyptus* with nitrogen-fixing trees: A review. **Forest Ecology and Management**, n. 233, p. 211-230, 2006.

FREITAS, R. et al. Biomassa e conteúdo de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden plantado em solo sujeito à arenização, no município de Alegrete – RS. **Biomassa & energia**, Viçosa, v. 1, n.1, p. 93-104, 2004.

FREIXO, A. A. et al. Quantificação de microorganismos em solos sob plantio puro de *Pseusamanea guachapele* (Kunth) Harms e em consórcio com *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Comunicado Técnico – Embrapa Agrobiologia**, Seropédica, n. 39, p. 1-8, jul. 2000.

FURTINI NETO, A. E. et al. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: p. 351-383. GONÇALVES, J. L. de M.,; BENEDETTI, V. 1ª reimpressão. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba. IPEF, 2005, 427p.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da. et al. **Sistemas Agroflorestais – Bases Científicas para o Desenvolvimento Sustentável**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, RJ, 2006, 365 p.

GONÇALVES, J. L. de M. et al. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: p. 1-58. GONÇALVES, J. L. de M.,; BENEDETTI, V. 1ª reimpressão. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005, 427 p.

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

KANNEGIESSER, U. Apuntes sobre algunas acacias australianas. 1. – *Acacia mearnsii* De Willd. **Ciencia e Investigación Forestal**, v. 4, n. 2, p.198-212, 1990.

LACLAU, J. P. et al. Mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil. 1. Growth dynamics and aboveground net primary production. **Forest Ecology and Management**, s.n., p. xxx-xxx, 2007.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2ª ed. São Paulo: EDUSP, 1996, 301p.

LOPES, W. de P.; GARCIA, A. **A Importância e o valor das florestas na pequena propriedade rural**. Vitória, 2002, 28 p.

LOPES, S. B.; ALMEIDA, J. Arranjos institucionais e a sustentabilidade dos sistemas agroflorestais: A importância das formas de organização. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 377-406, set./dez. 2002.

MAFRA, A. L. et al. Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal do tipo “cultivo em aléias” e em cerrado na região de Botucatu, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 54, p. 41-54, dez.1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba; Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997, 319 p.

MARQUES, L. C. T. **Comportamento inicial de Pericá, Tata Juba e Eucalipto, em plantio consorciado com milho e Capim-marandu, em Paragominas, Pará**. 1990. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, E. D. S.; SAMPAIO, E. V. S. B. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no Agreste Paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.3, p. 555-564, mai./jun. 2006.

MEDRADO, M. J. S. Sistemas Agroflorestais: Aspectos Básicos e Indicações. In: p. 269-312. GALVÃO, A. P. M. 3ª reimpressão. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Brasília, DF, 2000, 351p.

MONIZ, C. V. D. **Comportamento inicial do eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell), em plantio consorciado com milho (*Zea mays* L.), no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais**. 1987. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 38 p.

OLIVEIRA, E. B. de; et al. Avaliação econômica da consorciação do milho (*Zea mays* L.) com *Pinus taeda* L. no Estado do Paraná. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.37, p. 19-30, jul./dez. 1998.

OURIQUES, M. et al. Seqüestro de carbono de um sistema agroflorestal com bracatinga (*Mimosa scabrella* Bertham) na região metropolitana de Curitiba – PR. In: **Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento com Proteção Ambiental: Práticas e Tecnologia Desenvolvidas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006, p.107-118.

PALMA, J. H. N. et al. Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science>. Acesso em: 05 nov. 2007.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/coqueiro-anão- verde. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p.293-302, set. 2003.

PIOTTO, D. A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. **Forest Ecology and Management**, n. 225, p.781-786, 2008.

PRITCHETT, W. L. **Suelos forestales**: propiedades, conservación y mejoramiento. México, 1990. 634P.

POMIANOSKI, D. J. W.; DEDECEK, R. A.; VILCAHUAMÁN, L. J. M. Perdas de solo e água no sistema agroflorestal da bracatinga (*Mimosa scabrella* Bertham) em diferentes declividades e manejos. In: **Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento com Proteção Ambiental: práticas e tecnologia desenvolvidas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006, 365 p.

REIS, H. A.; MAGALHÃES, L. L. de. Agrossilvicultura no Cerrado – Região Nordeste do Estado de Minas Gerais. In: **Sistemas Agroflorestais – Bases Científicas para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, RJ, 2006, 365 p.

REIS, M. das G. F.; BARROS. N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: **Relação Solo- Eucalipto**. Viçosa, 1990, 330p.

REISSMANN, C. B.; WISNEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: p. 135-165. GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. 1ª reimpressão. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005, 427p.

RODIGHERI, H. R. Rentabilidade Econômica Comparativa entre Plantios Florestais, Sistemas Agroflorestais e Cultivos Agrícolas. In: p. 323-332. GALVÃO, A. P. M. 3ª reimpressão. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Brasília, DF, 2000, 351p.

SCHREINER, H. G.; BALLONI, E. A. Consórcio das culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) no sudeste do Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 12, p.83-104, jun. 1986.

SALGADO, B. G. et al. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p.343-349, mai./jun. 2006.

SCHNEIDER, P. R. et al. Crescimento inicial do *Eucalyptus dunnii* Maiden consorciado com *Zea mayz* L. na região de Santa Maria – RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.5, n.1, p.171-182, 1995.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **A Complexidade dos Ecossistemas**. Porto Alegre: Pallotti, 1997. 50 p.

SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. muell, plantados em Anhembi - SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p.21-34, 1993.

SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: 287-308. GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. 1ª reimpressão. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005,427p.

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

SCHUMACHER, M. V. et al. **Aspectos ecológicos de um Sistema Agroflorestal no sul do Brasil**. Santa Maria, 2007. 41 p. (Relatório de Pesquisa).

SILVA, G. T. et al. Importância da Fixação Biológica de Nitrogênio na Sustentabilidade de Sistemas Agroflorestais. In: 257-273. GAMA-RODRIGUES, A. C. da et al. **Sistemas Agroflorestais – Bases Científicas para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006, 365p.

SILVEIRA, R. L. V. de A.; HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: Diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: 79-104. GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. 1ª reimpressão. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba: 2005, 427p.

SIQUEIRA, E. R. de, et al. Estado da arte dos Sistemas Agroflorestais no Nordeste do Brasil. In: 53-64. GAMA-RODRIGUES, A. C. da et al. **Sistemas Agroflorestais – Bases Científicas para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006, 365 p.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2002, 107 p.

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

VIEIRA, A. R. R.; FEISTAUER, D.; SILVA, V. P. da. Adaptação de espécies arbóreas nativas em um sistema agrosilvicultural, submetidas a extremos climáticos de geada na região de Florianópolis. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.5, p.627-634, set./out. 2003.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28,n.5, p.843-852, set/out. 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise de variância para a altura total (m) de eucalipto em plantio homogêneo e em plantio misto, aos 10 meses de idade.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	F (5%)	F (1%)
Blocos	2	0,0494	0,0247	1,614379	5,143251 ^{ns}	10,92475 ^{ns}
Tratamentos	3	0,1786	0,0595	3,891612	4,756525 ^{ns}	9,77477 ^{ns}
Resíduo	6	0,0918	0,0153			
Total	11	0,3198				
C.V. (%)	7,12					

^{ns} Não existe diferença significativa em nível de 5% e 1%, respectivamente.

APÊNDICE B – Análise de variância para a altura total (m) de acácia-negra em plantio homogêneo e em plantio misto, aos 10 meses de idade.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	F (5%)	F (1%)
Blocos	2	0,02085	0,010425	0,123304	5,143251 ^{ns}	10,92475 ^{ns}
Tratamentos	3	0,576667	0,192222	2,273549	4,756525 ^{ns}	9,774773 ^{ns}
Resíduo	6	0,507283	0,084547			
Total	11	1,1048				
C.V. (%)	12,27					

^{ns} Não existe diferença significativa em nível de 5% e 1%, respectivamente.

APÊNDICE C – Análise de variância para diâmetro do colo (cm) de eucalipto em plantio homogêneo e em plantio misto, aos 10 meses de idade.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	F (5%)	F (1%)
Blocos	2	0,062317	0,031158	1,052943	5,143251 ^{ns}	10,92475 ^{ns}
Tratamentos	3	0,145825	0,048608	1,642636	4,756525 ^{ns}	9,774773 ^{ns}
Resíduo	6	0,17755	0,029592			
Total	11	0,385692				
C.V. (%)	5,56					

^{ns} Não existe diferença significativa em nível de 5% e 1%, respectivamente.

APÊNDICE D – Análise de variância para diâmetro do colo (cm) de acácia-negra em plantio homogêneo e em plantio misto, aos 10 meses de idade.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	F (5%)	F (1%)
Blocos	2	0,334317	0,167158	0,403631	5,143251 ^{ns}	10,92475 ^{ns}
Tratamentos	3	2,383958	0,794653	1,91882	4,756525 ^{ns}	9,774773 ^{ns}
Resíduo	6	2,484817	0,414136			
Total	11	5,203092				
C.V. (%)	16,50					

^{ns} Não existe diferença significativa em nível de 5% e 1%, respectivamente.

APÊNDICE E – Análise de variância para o volume cilíndrico (m³/ha) de eucalipto em plantio homogêneo e em plantio misto, aos 10 meses de idade.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	F (5%)	F (1%)
Blocos	2	0,103617	0,051808	2,361185	5,143251 ^{ns}	10,92475 ^{ns}
Tratamentos	3	1,7068	0,568933	25,92936	4,756525 [*]	9,774773 [*]
Resíduo	6	0,13165	0,021942			
Total	11	1,942067				
C.V. (%)	18,67					

* Existe diferença significativa em nível de 5% e 1%, respectivamente; ^{ns} Não existe diferença significativa.

APÊNDICE F – Análise de variância para o volume cilíndrico (m³/ha) de acácia-negra em plantio homogêneo e em plantio misto, aos 10 meses de idade.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)	F (1%)
Blocos	2	0,030017	0,015008	0,044956	5,143251 ^{ns}	10,92475 ^{ns}
Tratamentos	3	17,71083	5,903608	17,68386	4,756525 [*]	9,774773 [*]
Resíduo	6	2,00305	0,333842			
Total	11	19,74389				
C.V. (%)	29,09					

* Existe diferença significativa em nível de 5% e 1%, respectivamente; ^{ns} Não existe diferença significativa.

APÊNDICE G – Análise de variância para o volume cilíndrico (m³/ha) do total, para plantio homogêneo de eucalipto e/ou acácia-negra, e em plantio misto, aos 10 meses de idade.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	F (5%)	F (1%)
Blocos	2	0,153053	0,076527	0,256062	4,45897 ^{ns}	8,64911 ^{ns}
Tratamentos	4	13,1882	3,29705	11,03209	3,83782 ^{ns}	7,00582 [*]
Resíduo	8	2,39088	0,29886			
Total	14	15,73213				
C.V. (%)	24,59					

* Existe diferença significativa em nível de 5% e 1%, respectivamente; ^{ns} Não existe diferença significativa.