

**SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL COM
EUCALIPTO E BRAQUIÁRIA SOB DIFERENTES
ARRANJOS ESTRUTURAIS EM ÁREA DE
CERRADO**

TADÁRIO KAMEL DE OLIVEIRA

2005

TADÁRIO KAMEL DE OLIVEIRA

**SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL COM EUCALIPTO E
BRAQUIÁRIA SOB DIFERENTES ARRANJOS ESTRUTURAIS EM
ÁREA DE CERRADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Curso de Doutorado
em Engenharia Florestal, área de concentração
Florestas de Produção, para obtenção do título de
“Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Oliveira, Tadário Kamel de

Sistema agrossilvipastoril com eucalipto e braquiária sob diferentes arranjos estruturais em área de Cerrado / Tadário Kamel de Oliveira. -- Lavras : UFLA, 2005.

150 p. : il.

Orientador: Renato Luiz Grisi Macedo.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Comportamento silvicultural. 2. Espaçamento. 3. *Eucalyptus*. 4. Radiação solar. 5. *Brachiaria brizantha*. 6. Sistema silvipastoril. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.99

TADÁRIO KAMEL DE OLIVEIRA

**SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL COM EUCALIPTO E
BRAQUIÁRIA SOB DIFERENTES ARRANJOS ESTRUTURAIS EM
ÁREA DE CERRADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Doutorado em Engenharia Florestal, área de concentração Florestas de Produção, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 28 de Fevereiro de 2005.

Prof. Dr. Nelson Venturin

DCF/UFLA

Prof^a. Dr^a. Soraya Alvarenga Botelho

DCF/UFLA

Prof^a. Dr^a. Ângela Maria Soares

DBI/UFLA

Dr. Élberis Pereira Botrel

Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo
Universidade Federal de Lavras - UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

E disse o bom homem aos jovens:

“...Os caminhos se fazem ao caminhar...”

(Goethe)

OFEREÇO

Aos meus pais, Tadeu Paes de Oliveira e Verônica Maria
Kamel de Oliveira, meus eternos conselheiros e mestres, pelo
infinito amor que sentem por mim e por sempre cuidarem para
que eu fosse uma pessoa de bem.

E aos meus irmãos Tárík e Taiane, pelos momentos
que deixamos de estar juntos devido aos estudos
e por serem meus amigos de verdade.

Pai, Mãe, Tarikinho e Taianinha,

ESSA CONQUISTA É NOSSA.

DEDICO

À vó Sonita, à vó Mariquinha,
ao vô Clodoaldo e ao vô Ary (*in memoriam*),
pelo querer bem e pelos ensinamentos de simplicidade, amor
ao próximo e a DEUS. Que sorte eu tive de ter nascido nas
grandes famílias que vocês construíram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela minha vida, pela saúde, pelos dons que recebi, pela minha família e amigos.

À Universidade Federal de Lavras – UFLA e ao Departamento de Ciências Florestais (DCF), pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado.

Ao meu orientador, professor Dr. Renato Luiz Grisi Macedo, por todos os ensinamentos transmitidos, dedicação na orientação do curso de Doutorado, apoio em todas as atividades acadêmicas, pela confiança e amizade.

À Companhia Mineira de Metais – CMM Agroflorestal, pela oportunidade de execução da pesquisa e pelo apoio incondicional na implantação e avaliação dos experimentos. Em especial ao diretor Vicente de Paula Silveira e aos técnicos Carlos Coelho e Celso Machado.

Aos professores Nelson Venturin, Soraya Alvarenga Botelho, Ângela Maria Soares e Élberis Pereira Botrel, pela atenção dispensada típica de pessoas amigáveis e prestativas, pela participação na banca examinadora, pelas sugestões e contribuições para elaboração final deste trabalho.

Aos professores que acompanharam minha caminhada na UFLA, pelas disciplinas que cursei desde o curso de Mestrado até o Doutorado, nos Departamentos de Agricultura (DAG), Solos (DCS), Estatística (DEX), Biologia (DBI) e por fim nas Ciências Florestais (DCF).

À Embrapa Acre, na pessoa dos pesquisadores Luiz Cláudio de Oliveira e Marcus Vinícius Neves D'Oliveira, pela liberação nesta fase final de conclusão da Tese e do Curso de Doutorado.

Aos professores que muito contribuíram para minha formação profissional e pessoal, desde a graduação na Universidade Federal do Acre (UFAC) até o curso de Doutorado na UFLA. Obrigado professor Edson Ferreira de Carvalho (Tutor do PET Agronomia/UFAC-1995/1998), Eufran Ferreira do

Amaral (Supervisor do Estágio de Conclusão de Curso na Embrapa Acre-1998), Gabriel José de Carvalho (Orientador do Curso de Mestrado/UFLA-1999/2001) e Renato Luiz Grisi Macedo (Orientador do Curso de Doutorado/UFLA-2001/2005).

Aos funcionários e colegas da Pós-Graduação, pela agradável convivência durante o curso na UFLA e em Lavras.

À minha namorada Juliana, um agradecimento especial pelo cuidado, carinho e pelos bons momentos juntos que me ajudaram a superar os obstáculos nesta etapa final da caminhada do curso de Doutorado. Obrigado “p”!

Ao amigo de república durante o Doutorado, Josimar (Bradock) e aos amigos do Departamento de Ciências Florestais e da UFLA, Frederico Wesley (Fredão), Sidney (Sidão), Douglas (Bebê), Josival (Baiano), Andréa, Álvaro, Lilian, Elisana, Edimilson, Adelson, Letícia, Peter, Márcia e Evandro (Salsicha).

Dentre os amigos, agradeço principalmente àqueles que sempre ajudaram de maneira fundamental nos experimentos, em algum momento, desde a implantação até a avaliação final. Valeu Jozébio (João Euzébio), Wagner (Magá), Thiago (Hagatanga), Bruno (Brunão), Mauro (Maurão), Gabriel (Gabi), Cláudio Thierch e ao Emílio (Emilhão).

Muito obrigado a todos!

BIOGRAFIA

Tadário Kamel de Oliveira, filho de Tadeu Paes de Oliveira e Verônica Maria Kamel de Oliveira, nasceu em Xapuri – AC, no dia 4 de fevereiro de 1978.

Iniciou o curso primário no Colégio Divina Providência, em Xapuri – AC, no ano de 1984, concluindo em 1986, na Escola Maria Cândida Dantas – SESI, em Rio Branco – AC. Nesta cidade, em 1990, concluiu o ensino fundamental no Instituto São José.

Em 1991, ingressou no ensino médio do Colégio Estadual Rio Branco – CERB, concluindo o curso na Escola de 2º Grau Rio Branco, em 1993.

Em 1994, iniciou o Curso de Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Acre – UFAC, graduando-se Engenheiro Agrônomo em 19 de março de 1999.

Iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, na Universidade Federal de Lavras – UFLA, em Maio de 1999, concluindo em 23 de fevereiro de 2001, com o grau de Mestre em Fitotecnia.

Selecionado novamente pelo Programa de Pós-Graduação da UFLA em 2001, deu início ao Curso de Doutorado em Engenharia Florestal, área de concentração Florestas de Produção/Sistemas Agroflorestais. Em 6 de maio de 2002 foi contratado como Pesquisador da Embrapa Acre. E com a conclusão do curso de pós-graduação, obteve o grau de Doutor em Engenharia Florestal, em 28 de fevereiro de 2005.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	iii
CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Expansão da atividade agrícola, pecuária e florestal no cerrado	3
2.2 Os sistemas agroflorestais.....	8
2.3 Sistemas agrossilvipastoris.....	10
2.4 Espaçamentos para a cultura do eucalipto.....	14
2.5 Considerações sobre radiação solar em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris.....	25
2.6 <i>Brachiaria</i> sp. em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris.....	31
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
CAPÍTULO 2 Dinâmica de crescimento e produtividade de eucalipto, sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoral.....	45
RESUMO.....	45
ABSTRACT.....	46
1 INTRODUÇÃO.....	47
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	50
2.1 Local e caracterização da área de estudo.....	51
2.2 Implantação e descrição do experimento.....	51
2.2.1 Delineamento, tratamentos e parcelas experimentais.....	51
2.3 Avaliações.....	56
2.3.1 Diâmetro à altura do peito.....	57
2.3.2 Altura de plantas.....	58
2.3.3 Área basal por planta e por hectare.....	58
2.3.4 Volume por planta e volume por hectare.....	58
2.3.5 Incremento médio anual do volume por hectare.....	59
2.3.6 Incremento corrente anual do volume por hectare.....	59
2.3.7 Projeção da copa na entrelinha.....	59
2.3.8 Área de projeção da copa por planta e por hectare.....	60
2.4 Análises estatísticas.....	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
4 CONCLUSÕES.....	82
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

	Página
CAPÍTULO 3: Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais.....	86
RESUMO.....	86
ABSTRACT.....	87
1 INTRODUÇÃO.....	88
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	90
2.1 Local e caracterização da área de estudo.....	90
2.2 Descrição do experimento.....	90
2.3 Avaliações.....	91
2.4 Análises estatísticas.....	92
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
4 CONCLUSÕES.....	107
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
CAPÍTULO 4: Desempenho produtivo de <i>Brachiaria brizantha</i> sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto.....	109
RESUMO.....	109
ABSTRACT.....	110
1 INTRODUÇÃO.....	111
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	113
2.1 Local e caracterização da área de estudo.....	113
2.2 Descrição do experimento.....	113
2.3 Avaliações.....	114
2.3.1 Produtividade de matéria natural.....	114
2.3.2 Produtividade de matéria seca.....	115
2.3.3 Teores de Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Fibra em Detergente Ácido (FDA) na matéria seca.....	115
2.3.4 Teores de macro e micronutrientes na parte aérea.....	115
2.3.5 Teor de proteína bruta na forragem.....	116
2.4 Análises estatísticas.....	116
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	117
4 CONCLUSÕES.....	128
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	133
ANEXOS.....	134
ANEXO A.....	134
ANEXO B.....	140

RESUMO GERAL

OLIVEIRA, T.K. de. **Sistema agrossilvipastoril com eucalipto e braquiária sob diferentes arranjos estruturais em área de cerrado**. Lavras: UFLA, 2005. 150 p. (Tese - Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Os sistemas agrossilvipastoris podem permitir às empresas florestais amortizar o custo de implantação da floresta, despontando como alternativa sustentável frente aos sistemas de produção vigentes. Arranjos diversificados de sistemas agrossilvipastoris constituem objeto de pesquisa imprescindível para agregação de conhecimentos inovadores na ciência agroflorestal. Objetivou-se realizar estudos da dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp., radiação solar no sub-bosque e produção de *Brachiaria brizantha* sob diferentes arranjos de sistema agrossilvipastoril. O experimento foi implantado em dezembro de 1999, em área de cerrado, no noroeste de Minas Gerais (Paracatu, MG, Brasil). Realizou-se o plantio de mudas clonais de um híbrido natural de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh com *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, selecionado para produção de madeira para serraria, em consórcio com arroz no primeiro ano, soja no segundo e pastagem de *Brachiaria brizantha* nos anos consecutivos. Utilizou-se delineamento blocos casualizados (DBC), em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com cinco repetições. Nas parcelas, 11 arranjos estruturais do plantio de eucalipto: 3,33 x 2m, 3,33 x 3m, 5 x 2m, 10 x 2m, 10 x 3m, 10 x 4m, (3 x 3)+7m, (3 x 3)+10m, (3 x 4)+10m, (3 x 3)+15m e (3 x 4)+7+10m. Nas subparcelas, quatro épocas de avaliação das características de crescimento do eucalipto (18, 27, 38 e 51 meses após o plantio). A radiação solar no sub-bosque foi avaliada no mesmo delineamento estatístico e repetições, em dez arranjos, na linha e na entrelinha de plantio do eucalipto, aos 27, 38 e 54 meses de idade. Quanto à *Brachiaria brizantha* foram feitas avaliações da produtividade de biomassa e qualidade da forragem, ao final do primeiro ano de formação da pastagem. Utilizou-se DBC em parcelas subdivididas, com sete arranjos e avaliações na linha e entrelinha de plantio do eucalipto, em quatro repetições. Concluiu-se que o volume por planta do eucalipto não mostra diferença entre distintos arranjos até a idade de 18 meses, sendo maior nos espaçamentos mais amplos a partir de 27 meses; aos 38 meses quanto maior a área útil disponível maior o diâmetro à altura do peito; plantas com mesma área útil, mas em

* Orientador: Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo - DCF/UFLA.

arranjos diferentes, apresentam crescimento diferenciado; a taxa de crescimento diminui com o passar do tempo nos espaçamentos mais reduzidos e, até os quatro anos, a produtividade do povoamento é mais influenciada pelo número de indivíduos por área do que pelo arranjo estrutural. Quanto à radiação solar, o fechamento do dossel em arranjos mais adensados promove sombreamento homogêneo do sub-bosque aos dois anos. Nos arranjos mais amplos, a distribuição espacial de luz e sombra na linha e entrelinha variam com a época do ano. A forragem de *B. brizantha* foi sempre maior na entrelinha (sombreada) do que na linha de plantio, independente dos arranjos, que praticamente não provocaram variação no teor de fibras. Não houve diferença entre arranjos ou linha e entrelinha para teor de nitrogênio (N) e fósforo (P) na forragem, mas os teores de cálcio (Ca), potássio (K) e manganês (Mn) foram maiores sob as linhas de eucalipto.

GENERAL ABSTRACT

OLIVEIRA, T.K. de. **Agrosylvopastoral system with eucalypt and braquiaria under different arrangements in Cerrado**. Lavras: UFLA, 2005. 150 p. (Thesis - Doctorate in Forestry) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The agrosylvopastoral systems allow forest companies to reduce costs neither forest cultivation and is a sustainable alternative compared with the most used production systems. Different spacing and arrangements in agrosylvopastoral systems are research object to join new knowledge to agroforestry science. The objectives of this work were verify *Eucalyptus* spp. growth dynamics, understory solar radiation and the *Brachiaria brizantha* production under different arrangements of agrosylvopastoral system. A hybrid of *E. camaldulensis* X *E. urophylla*, used to saw timber, was planted in cerrado region of Minas Gerais (Paracatu, MG, Brazil) in december 1999. That hybrid was intercropped with rice (first year), soybean (second year) and *Brachiaria brizantha* pasture (following years). The experimental was conducted in randomized blocks, with five repetitions. The treatments were installed in split plots. The were the primary treatments: 11 spacings of eucalypt stand: 3,33 x 2m, 3,33 x 3m, 5 x 2m, 10 x 2m, 10 x 3m, 10 x 4m, (3 x 3)+7m, (3 x 3)+10m, (3 x 4)+10m, (3 x 3)+15m and (3 x 4)+7+10m. The secondary treatments were defined as four times of growth characteristics of eucalypt (18, 27, 38 and 51 months after planting). The understory solar radiation was evaluated in row and in the space between rows of eucalypt, in the same statistical design and repetitions, with ten arrangements, when the trees were 27, 38 and 54 months-old. In the *Brachiaria brizantha* pasture, the dry and wet matter production and fodder quality, were evaluated in 7 different arrangements, with measurements in the row and between the rows of eucalypt, along the first year after pasture planting. The experimental design used in this measurements was randomized blocks with four repetitions, in split plot. It was verified that the volume per eucalypt tree do not shows difference among arrangements until 18 months-old; increasing in the large spacings from 27 months-old; at 38 months-old, the higher available area to growth promote the highest diameters at breast height (DBH); plants with same available area, but in different arrangements, show different growth. The growth rate reduce in small spacings.

* Adviser: Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo - DCF/UFLA.

spacings; until four years old the stand productivity is more influenced by the number of trees per area than by the spacing. The understory radiation changes according to arrangement and system age. The canopy closure in small spacings promote uniform shade in understory at two years old. In the highest spacings the distribution of light and shade in rows and between rows change along the year. The *B. brizantha* fodder was higher between rows (shaded) than in rows, independent of the arrangement, which did not promote changes in content fiber. There was no significant difference among arrangements, rows and between rows to N and P content in fodder, but the Ca, K and Mn content were highest under rows of eucalypt.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O aumento da atividade florestal no Brasil reflete na rápida expansão da área plantada com eucalipto, que abrange várias regiões do país, com grande participação em áreas de cerrado, onde também é destaque a expansão da fronteira agrícola nacional.

Nas áreas de cerrado, que abrangem os Estados do Mato Grosso, Goiás, Tocantins, Bahia e Minas Gerais, dentre outros, concentram-se, além da atividade agrícola e pecuária, a atividade florestal, o que promove e gera divisas internacionais, contribuindo em grande parte com o desenvolvimento econômico do Brasil.

Atualmente, há um consenso mundial na busca por sistemas de produção racionais e planejados em conformidade com finalidades socialmente justas, economicamente viáveis e ecologicamente corretas, que não degradem a base de recursos naturais e concretizem o desenvolvimento sustentável em diversos países.

Organismos internacionais, como o International Center for Research in Agroforestry (ICRAF), o Centro Agronômico Tropical de Investigación y Enseñaza (CATIE), a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) e organizações não governamentais, vêm investindo em estudos e divulgação de sistemas de produção alternativos, que conciliem tais características. Dentre estes, os sistemas agroflorestais são considerados adequados para promover o desenvolvimento sustentável, sendo encontrados mais facilmente no sudeste e sul da Ásia, Oriente Médio, África e América Tropical.

Os sistemas agroflorestais consistem na utilização dos recursos naturais, por meio do consórcio de espécies florestais com culturas agrícolas e ou animais em uma mesma superfície. Esses arranjos podem ser instalados e manejados de maneira simultânea ou seqüencial no tempo e no espaço e apresentar caráter temporário ou permanente (Combe & Budowski, 1979; Nair, 1986; Mac Dicken & Vergara, 1990; Montagnini et al., 1992; Macedo et al., 2000a).

Estes sistemas de produção que integram atividade florestal, agrícola e pecuária, são classificados de acordo com os componentes do sistema, em silviagrícolas, silvipastoris e agrossilvipastoris (Montagnini et al., 1992). Os sistemas agrossilvipastoris podem permitir aos proprietários rurais e às empresas florestais amortizar o custo de implantação da floresta, com a comercialização dos grãos produzidos nos primeiros anos de plantio e durante a maturação da floresta, por ocasião da comercialização de produtos originados da pecuária, inserida nos plantios florestais, além da geração de empregos na região.

As várias combinações de espécies, progênies e clones, e as interações entre os componentes e o manejo, constituem, dentre outros fatores, objeto de pesquisa em agrossilvicultura, visando inclusive ampliar a base de dados científicos para geração de modelos, baseados nos mecanismos e processos que fundamentam a sustentabilidade dos sistemas agroflorestais..

Arranjos diversificados de sistemas agrossilvipastoris constituem objeto de pesquisas imprescindíveis para a agregação de conhecimentos inovadores na ciência agroflorestal. É fundamental caracterizar a dinâmica dos componentes do sistema sob variadas formas de implantação.

O objetivo deste trabalho foi realizar estudos da dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp., da radiação solar no sub-bosque e da produção de *Brachiaria brizantha*, sob diferentes arranjos de sistema agrossilvipastoril em área de cerrado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Expansão da atividade agrícola, pecuária e florestal no cerrado

O bioma Cerrado, de acordo com recentes estimativas obtidas da somatória das áreas dos municípios incluídos nesse ecossistema, ocupa área contínua de 204 milhões de hectares do território brasileiro, distribuídos nos Estados de Goiás, Minas Gerais, Tocantins, Bahia, Maranhão, Piauí, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Ceará, Rondônia e Distrito Federal, além das áreas satélites em Roraima, Amapá, Pará e São Paulo¹.

O Cerrado constitui uma das poucas áreas restantes no mundo, ainda pouco utilizada, mas com um grande potencial para a produção agrossilvipastoril. No entanto, por centenas de anos, devido à grande distância dos centros mais populosos no litoral do país e inexistência de infra-estrutura, o Cerrado foi utilizado apenas para a produção pecuária extensiva, contando apenas com as pastagens nativas de baixa capacidade de suporte animal (em torno de cinco hectares por cabeça)¹.

Com a disponibilidade de tecnologias e o desenvolvimento de sistemas de produção adaptados à região, em pouco tempo expandiu-se e diversificou-se a atividade agrícola nas áreas de cerrado. Grandes áreas plantadas com soja, arroz, milho, feijão, algodão, trigo e café, dentre outras culturas, transformaram o Cerrado em importante centro produtor de grãos do país².

De uma área total de 204 milhões de hectares, estima-se que a região do cerrado apresente 127 milhões de áreas aráveis, em que 35 milhões são ocupadas

¹ Fonte: <http://www.cpac.embrapa.br/cerrado.htm> (consultado em 19.07.2002)

² Fonte: <http://www.cpac.embrapa.br/usocerrado.htm> (consultado em 17.07.2002)

por pastagens cultivadas, 10 milhões por culturas anuais e dois milhões por culturas perenes e florestais, resultando em uma fronteira agrícola ao redor de 80 milhões de hectares com potencial de utilização¹.

A produção da soja, do milho, do arroz e do café no cerrado, representam, respectivamente, 34,5%, 23,2%, 31,4% e 18% da produção nacional. Esses sistemas necessitam de insumos e, devido à topografia favorável, são baseados no uso intensivo de mecanização².

O grande desenvolvimento agrícola na região do Cerrado foi impulsionado pela facilidade de remoção da vegetação nativa e por fatores positivos, como temperatura, luminosidade, topografia, fácil mecanização do solo e grande disponibilidade de calcário. Fatores socioeconômicos que também beneficiaram esse desenvolvimento foram preço baixo da terra, políticas voltadas para a região com investimentos em infra-estrutura, pesquisa, assistência técnica, investimentos com juros subsidiados e de prazos longos, a migração de agricultores do sul afeitos à agricultura mais intensiva e o mercado em desenvolvimento³.

Quanto à pecuária, devido à seleção de forrageiras adaptadas às condições da região, à introdução de animais especializados para a produção de carne ou leite e ao desenvolvimento de técnicas de manejo do rebanho, o cerrado passou a ocupar lugar de destaque na expansão da pecuária nacional. Estima-se em 110 milhões de hectares a área total ocupada pela pecuária na região³.

¹ Fonte: <http://www.cpac.embrapa.br/cerrado.htm> (consultado em 17.07.2002)

² Fonte: <http://www.cpac.embrapa.br/sisprod.htm> (consultado em 17.07.2002)

³ Fonte: <http://www.cpac.embrapa.br/usocerrado.htm> (consultado em 19.07.2002)

As áreas de cerrado também destacam-se pelo plantio em larga escala de espécies florestais, contribuindo com o setor florestal brasileiro, que movimentava cerca de US\$ 21 bilhões, o que representa 4% do PIB nacional, segundo a Sociedade Brasileira de Silvicultura¹.

Desde o início, o cultivo de espécies florestais no cerrado foi realizado com espécies exóticas de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., com o objetivo de produzir carvão vegetal para as siderúrgicas, lenha para a indústria de cimento, cerâmica, panificação, consumo doméstico e matéria-prima para papel e celulose. Com o fim dos incentivos fiscais que impulsionaram o plantio, estima-se que na última década a área cortada tenha superado a reflorestada².

O mercado vem gradualmente reconhecendo o eucalipto como uma matéria-prima alternativa. A maioria dos plantios localiza-se próximo do centro de consumo, em locais de boa infra-estrutura e, portanto, em condições de competir com madeiras tropicais, produzidas em regiões distantes e que, para atingir o mercado, são transportadas por dois ou três mil quilômetros (Tomaselli et al., 1999).

O aumento da atividade florestal em todo o país, especialmente em áreas de cerrado, reflete na rápida expansão da área plantada com espécies para produção de madeira. Mora & Garcia (2000) citam que o setor florestal brasileiro mantém cerca de 4,8 milhões de hectares de plantações florestais de rápido crescimento em regime de produção. São cerca de 3 milhões de hectares reflorestados com eucalipto e 1,8 milhão de hectares com pinus, com 35% somente em Minas Gerais. Outras espécies, como araucária, acácia negra e te ca, também são plantadas comercialmente, porém, em menores proporções. O setor florestal realiza plantios na ordem de 105 mil ha/ano.

Devido às suas características, o gênero *Eucalyptus* tem sido plantado e

¹ Fonte: <http://www.sbs.org.br/secure/estatisticas.htm> (consultado em 17.07.2002)

² Fonte: <http://www.cpac.embrapa.br/sisprod.htm> (consultado em 17.07.2002)

utilizado em diferentes países do mundo, para as mais diversas finalidades (produção de matéria-prima, proteção, recreação, recuperação de áreas degradadas, etc.) (Mora & Garcia, 2000).

A região do cerrado de Minas Gerais é a área com maior concentração de reflorestamento com espécies de rápido crescimento (Machado, 1995), em função, principalmente, do baixo preço da terra e de sua topografia plana que favorece a mecanização. No entanto, existem também alguns fatores considerados limitantes, como a deficiência nutricional de seus solos, com alta acidez e déficit hídrico acentuado, concentrado de quatro a sete meses, durante o ano (Bezerra, 1997).

Este mesmo autor cita ainda que algumas empresas detentoras de conhecimento tecnológico em reflorestamentos, cientes destas limitações, vêm selecionando em seus plantios, no decorrer dos anos, clones de eucalipto que forneçam madeira para fins de usos múltiplos de qualidade superior e bem adaptados às condições edafoclimáticas locais.

As plantações florestais contribuem significativamente para a melhoria da qualidade de vida, na medida em que proporcionam um amplo leque de benefícios econômicos, sociais e ambientais, como geração de empregos no interior do país, fornecimento de produtos competitivos na economia globalizada, proteção das florestas nativas, retenção de CO₂ da atmosfera e contribuição para manutenção do ciclo hidrológico.

Apesar destes adjetivos, aliada à produção agrícola e pecuária na região do cerrado, a atividade florestal apresenta alguns problemas como a ocupação e imobilização de grandes áreas ao longo do tempo, centralização de capital em grandes empresas, com certa exclusão social no meio rural e sofre críticas sobre conservação ambiental, quando da implantação de grandes monoculturas de espécies arbóreas. No entanto, deve-se considerar que há possibilidade de otimizar ainda mais os benefícios citados anteriormente.

De maneira geral, embora importantes para o desenvolvimento do país, os sistemas produtivos no cerrado têm se caracterizado por um modelo técnico-econômico que não contemplou, de forma criteriosa, os aspectos ambientais, trazendo conseqüências negativas para a conservação dos recursos naturais. O desmatamento e o mau gerenciamento dos processos agrícolas têm provocado a perda dos recursos genéticos da fauna e da flora terrestre e aquática, muitas vezes, ainda desconhecidos. O manejo inadequado do solo tem causado a sua compactação, a diminuição dos microrganismos, a perda da matéria orgânica e da fertilidade e a erosão¹.

Na região Centro-Oeste do país existem extensas áreas de pastagens degradadas e sérios problemas na produção de alimento para o gado no período de estiagem (Daniel et al., 2001). No Brasil, estima-se haver 52 milhões de hectares de pastagens cultivadas degradadas ou em processo de degradação (Vilela, 2001, citado por Porfírio da Silva, 2003). Além dos prejuízos de ordem técnico-econômica, a degradação das pastagens prejudica a imagem do agronegócio da pecuária, devido às perdas de solo por erosão, redução da disponibilidade de água no solo, assoreamento dos corpos d'água e perda da biodiversidade (Porfírio da Silva, 2003).

A busca por sistemas de produção sustentáveis, considerando aspectos sociais, ambientais e econômicos, encontra nos sistemas agroflorestais uma alternativa promissora.

Os sistemas agroflorestais são considerados como uma das alternativas de uso dos recursos naturais que normalmente causam pouca ou nenhuma degradação ao meio ambiente, principalmente por respeitar os princípios básicos de manejo sustentável dos agroecossistemas (Macedo et al., 2000a).

¹ Fonte: <http://www.cpac.embrapa.br/sisprod.htm> (consultado em 17.07.2002)

2.2 Os sistemas agroflorestais

Os sistemas agroflorestais são formas de uso e manejo dos recursos naturais nas quais espécies lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras) são utilizadas em consorciação com cultivos agrícolas ou com animais em uma mesma área, de forma simultânea ou em uma sequência temporal (Montagnini et al., 1992).

As técnicas agroflorestais têm sido desenvolvidas empiricamente e vêm sendo utilizadas há várias gerações pelos índios e o homem do campo em diferentes partes do mundo, mas só recentemente têm despertado interesse como atividade científica.

No mundo tropical, tais técnicas têm sido utilizadas com eficácia, principalmente para atender à produção de alimentos, associando cultivos agrícolas (arroz, milho, feijão, mandioca, etc.) com manejo de espécies florestais de valor; a provisão de sombra em cultivos de rendimento e exportação (café, cacau, etc.); a produção de lenha extraída do bosque secundário ou produzida tradicionalmente em cercas vivas e, recentemente, nas denominadas “plantações energéticas” combinadas com cultivos agrícolas ou pastagens; a valorização de pastagens naturais ou melhoradas, com a associação de árvores madeireiras que também protegem o solo, a pastagem e os animais (FAO, citado por Yared et al., 1992).

Atualmente, a pesquisa científica em sistemas agroflorestais está sendo institucionalizada nos países em desenvolvimento. Os sistemas agroflorestais, ainda que em fase incipiente em alguns países, mas expressivos em outros, têm sido qualificados como significativos e eficazes na execução de programas de diversas naturezas: programas de colonização (Equador, Brasil, Colômbia e Costa Rica), projetos de manejo integrado de bacias hidrográficas (Honduras, Bolívia e Chile) e programa de recuperação e aproveitamento de zonas áridas (Argentina, Chile, Brasil e Paraguai) (FAO, citado por Yared et al., 1992).

O principal sistema agroflorestal utilizado no Brasil, segundo Silva et al. (2001), é o Taungya, que consiste no plantio de espécies agrícolas nos primeiros anos do povoamento florestal. O sistema abrange as práticas de uso múltiplo do solo, envolvendo as produções conjuntas de culturas florestais e agrícolas.

Tais sistemas têm sido classificados de diferentes maneiras, segundo sua estrutura no espaço, seu desenho através do tempo, a importância relativa e a função dos diferentes componentes, assim como os objetivos da produção e suas características sociais e econômicas (Macedo et al., 2000b).

Os componentes dos sistemas agroflorestais podem estar distribuídos no tempo de duas maneiras: simultânea ou sequencial.

Em SAFs existem ainda três elementos ou componentes básicos manejados pelo homem: as árvores, as culturas agrícolas (incluindo pastagens) e os animais (Nair, 1993). Para um sistema de uso da terra ser considerado agroflorestal, ele deve sempre conter o componente arbóreo ou que desempenhe as funções da árvore no sistema (ciclagem de nutrientes, sombra, fornecedora de produtos, etc.). O componente agrícola deve também estar presente, sendo o terceiro componente (animal) particular a certos tipos de sistemas agroflorestais. Estes elementos levam a uma classificação simples de SAFs, baseada na natureza dos componentes e nos tipos de combinações entre eles:

- a. sistemas silviagrícolas ou agrossilviculturais: caracterizados pelo consórcio de árvores com cultivos agrícolas anuais ou perenes. Por exemplo: sistema taungya, representado pelo consórcio de arroz ou feijão e eucalipto (Ceccon et al., 1999; Silva et al., 2001);
- b. sistemas silvipastoris: preconizam a consorciação de árvores dentro da atividade pecuária ou a criação de animais dentro de povoamentos florestais. Em suma, é a combinação de pastagens e ou animais e árvores (Carvalho et al., 1997; Castro & Carvalho, 1999);

c. sistemas agrossilvipastoris: caracterizados pela combinação do componente arbóreo com cultivos agrícolas e animais, de maneira simultânea ou sequencial (Bezerra, 1997; Andrade, 2000).

2.3 Sistemas agrossilvipastoris

Os sistemas agrossilvipastoris, como foi citado, são representados pelos consórcios de animais com cultivos agrícolas e árvores ou arbustos, em uma mesma área, de forma simultânea ou ao longo do tempo.

A característica que mais sobressai nestes sistemas, além das árvores, é a presença de animais e de forragem necessária para sua alimentação. O que os difere dos sistemas silvipastoris é a presença dos cultivos agrícolas (Montagnini et al., 1992).

Deve-se destacar as diversas interações que podem ocorrer entre os componentes, dentre elas, o fato das árvores favorecerem o aumento da qualidade da forragem das gramíneas em sombreamento (Carvalho, 1998) e proporcionarem um microclima favorável para os animais (sombra, ambiente com temperatura amena, etc.) (Porfírio da Silva et al., 1998).

As várias possibilidades de combinações de espécies ou cultivares/clones e os arranjos estruturais determinam diretamente as interações entre os componentes e o manejo. Ambos constituem, dentre outros fatores, objeto de pesquisa em sistemas agrossilvipastoris.

Pode-se citar como exemplo a implantação e o manejo de um sistema agrossilvipastoril da Companhia Mineira de Metais – CMM Agroflorestral, em áreas de cerrado no noroeste de Minas Gerais, descrita por Macedo et al. (2000b). Segundo os autores, tem-se empregado o espaçamento 10 x 4 m no plantio de mudas clonais de *Eucalyptus camaldulensis* e de *E. urophylla*, selecionados para produção de madeira para serraria. Fica estabelecido o

consórcio com arroz no primeiro ano, seguido de soja no segundo e, após a colheita, realiza-se a formação de pastagem de *Brachiaria brizantha* para os anos consecutivos.

Os sistemas são dispostos em uma área plana, em talhões retangulares de 37,5 ha cada (500 x 750 m). Utilizando-se grade tipo “bedding”, são levantados camalhões com altura aproximada de 40 cm, distanciados 10 m, para plantio dos clones de eucalipto, sempre no sentido leste-oeste, visando prover luz às culturas agrícolas e pastagens a serem consorciadas nas entrelinhas.

O preparo, a correção do solo e a adubação para o plantio de eucalipto e nas entrelinhas arroz, soja, milho, sorgo e pastagens, são realizados conforme os resultados das análises de solo, respeitando-se as recomendações técnicas para cada uma das respectivas culturas consorciadas. A dinâmica de implantação e manejo do sistema foi descrita por Macedo et al. (2000b), como segue:

I – No ano zero, marco inicial das atividades, promove-se a abertura do cerrado, seguida da venda da madeira obtida nas áreas. Ainda neste ano, nas entrelinhas de eucalipto, são plantadas variedades de arroz (*Oriza sativa*), seguindo-se as recomendações técnicas propostas para a região. Oliveira et al. (2000) citaram que a produtividade do arroz é da ordem de 1.400 kg/ha.

II – No ano um, as entrelinhas de eucalipto são cultivadas com soja (*Glycine max* (L.) Merrill), segundo as suas recomendações técnicas de plantio e manejo. A produtividade média da soja foi de 1.500 kg/ha, segundo Oliveira et al. (2000).

III – No ano dois promove-se a formação de pastagens que podem estar associadas ao plantio e colheita de arroz, à semelhança do sistema barreira (Oliveira et al., 1996). Neste ano, as árvores de eucalipto são desramadas até a altura de 2,40 m do solo, com a finalidade de amenizar os efeitos competitivos com as culturas agrícolas e, conferir, no futuro, fustes livres de nós, com melhor qualidade e de maior valor agregado na época de corte.

IV – No ano três, nos módulos consorciados com pastagens formadas pelo sistema barreira, estima-se uma capacidade de suporte média de 0,8 a 1,2 unidade animal/hectare/ano (UA/ha/ano), que será manejada para engorda (gado de corte).

A aquisição de novilhos terá periodicidade bianual, uma vez que o prazo considerado para engorda é de dois anos. Ao final deste período, os bois gordos serão comercializados e o lote será repostado. Os novilhos deverão ser adquiridos com peso médio de 150 kg; decorridos dois anos, espera-se que os mesmos atinjam 450 kg, estando prontos para o abate. Adotando-se um rendimento de carcaça de 50%, haverá um rendimento de 15 arrobas de carne por hectare a cada dois anos de pastejo.

Para a instalação da fase silvipastoril do sistema, cada um dos talhões de 37,5 ha é subdividido em piquetes de aproximadamente 1,5 ha, demarcados por meio de cercas elétricas de arame liso fixadas nas próprias árvores de eucaliptos existentes, acopladas a um sistema de geração de energia solar, com baterias no próprio local.

A rotação do gado de corte (*Bos indicus* – raça nelore) nas pastagens dos piquetes é conduzida conforme as recomendações técnicas propostas no manejo de pastagens pelo método Voisin.

V – Para o ano quatro, as entrelinhas de eucalipto poderão ser manejadas conforme as recomendações propostas para o ano três.

VI – No ano cinco, quando necessário, realiza-se um desbaste seletivo do eucalipto, visando diminuir a competição e sombreamento sobre as pastagens e, com a venda desta madeira, antecipam-se receitas ao fluxo de caixa do sistema. Recomenda-se que todas as árvores de eucalipto remanescentes sejam desramadas até a altura de 7 metros do solo.

A partir do ano cinco, tem-se uma periodicidade anual de vendas de bois gordos e coincidência do corte raso, reforma da floresta e das pastagens no ano onze.

As forrageiras utilizadas para a formação de pastagens são *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* cultivar Tanzânia. Após o plantio destas gramíneas nas entrelinhas de eucalipto, recomenda-se que o gado de corte comece a pastejar estes piquetes somente um ano após a sua instalação.

Em estudos técnico-econômicos realizados por Dubé (1999), por meio de simulações, concluiu-se que os sistemas agrossilvipastoris da Companhia Mineira de Metais – CMM Agroflorestal, no noroeste de Minas Gerais, são economicamente mais vantajosos que a monocultura de eucalipto.

Implantar sistemas agrossilvipastoris com eucalipto em região de cerrado, segundo Oliveira et al. (2000), é uma opção viável economicamente, desde que, no mínimo 5% da madeira produzida, sejam utilizados para serraria e a madeira restante para energia ou outro fim com valor de mercado equivalente ou superior.

Com relação aos estudos realizados em sistemas agrossilvipastoris na região do cerrado de Minas Gerais, utilizando eucalipto como espécie florestal, podem-se citar os trabalhos de Bezerra (1997), Dubé (1999), Andrade (2000), Daniel (2000), Neves (2002) e Vale et al. (2002).

Deve-se enfatizar a necessidade de se definir o comportamento das espécies ou clones mais produtivos e adaptados às diferentes regiões do Brasil e submetidos a diferentes arranjos estruturais, espaçamento e manejo. Além disso, é preciso analisar o desempenho das culturas agrícolas em consórcio e as forrageiras compatíveis durante as sucessivas fases, de forma a destacar os melhores componentes e manejo adequado para o sistema.

De acordo com Nair (1993), a complexidade e a longa duração dos sistemas agroflorestais tornam difíceis as investigações dos mecanismos e processos, sendo que, sem o conhecimento a respeito desses mecanismos, é impossível generalizar e extrapolar os resultados para diferentes condições.

2.4 Espaçamentos para a cultura do eucalipto

O espaçamento ótimo de plantio é aquele capaz de fornecer o maior volume do produto em tamanho, forma e qualidade desejáveis, sendo função do sítio, da espécie e do potencial do material genético utilizado (Patiño-Valera, 1986).

Normalmente, segundo Zobel et al (1987), citados por Botelho (1998), os povoamentos de eucalipto para celulose, escoras de minas, produção de carvão e postes são plantados em espaçamentos menores, enquanto que os plantios para madeira serrada são feitos em espaçamentos mais amplos. Este fato torna recomendável a utilização de sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris para produção de madeira com alto valor comercial a médio e longo prazos.

A decisão de quantas árvores plantar depende de vários fatores, dentre eles o produto final desejado, a possibilidade e a intensidade de tratamentos silviculturais e a expectativa inicial de sobrevivência e distribuição espacial das mudas. O efeito do espaçamento inicial em variáveis biológicas (altura, diâmetro, copa, qualidade da madeira, área basal, volume) e operacionais (preparo do solo, tratos silviculturais, desbastes e colheita) deve ser considerado obrigatoriamente (Smith & Strub, 1991).

Para a mesma espécie e mesmo sítio, o espaçamento influencia o número de tratos culturais a serem efetuados, a taxa de crescimento, o volume de madeira produzido, o sortimento de madeira, a taxa de mortalidade e dominância, a idade de estagnação do crescimento, as práticas de implantação,

manejo e exploração, a qualidade da madeira, o volume da copa, a frutificação, a idade de rotação e os custos de produção (Botelho, 1998; Balloni, 1983, citado por Silva, 1999).

A recomendação do espaçamento não pode ser generalizada, devendo-se levar em consideração o uso final da madeira, a qualidade do sítio, as características da espécie, os objetivos do plantio e condições de mercado, bem como tratos silviculturais e tipos de equipamentos disponíveis, os métodos de colheita da madeira e ou outros produtos (Botelho, 1998).

Para a região dos cerrados, que apresenta solos com baixa fertilidade e disponibilidade de água, os espaçamentos a serem adotados para reflorestamento deverão, possivelmente, ser mais amplos (Silva, 1984, citado por Gomes, 1994).

Convencionalmente, segundo Silva (1984), citado por Silva (1999), adotava-se com frequência, o espaçamento 3 x 2m nos reflorestamentos com eucalipto, sendo manejados em três ciclos de sete anos em média, sendo o *E. grandis* e o *E. saligna* as duas espécies predominantes.

Historicamente, os espaçamentos mais comuns para eucalipto no Brasil são 2 x 2m; 2,5 x 2,5m; 3 x 1,5m; 3 x 2m e 3 x 2,5m. A tendência atual por parte das empresas tem sido, entretanto, adotar espaçamentos mais amplos e arranjos variados. Experimentos vêm testado diferentes densidades associadas a arranjos diversificados. A manutenção da mesma densidade com variação na distribuição pode resultar em diminuição do custo de plantio e melhor crescimento de algumas espécies em função de suas respostas à competição inter e intraespecífica (Botelho, 1998).

O mesmo autor cita por exemplo, que um plantio com cerca de 9 m² por planta pode ser instalado em arranjos 3 x 3m, 6 x 1,5m e 9 x 1m, onde se verifica, nesta ordem, uma redução no custo de preparo do solo e aumento na incidência de luz na entrelinha, o que pode implicar em mudanças nas respostas das plantas quanto à produtividade e qualidade da madeira.

Com base em resultados obtidos sobre o estudo da influência do espaçamento de plantio de *E. saligna* Smith nos índices de rachamento após o desdobro e após a secagem, Miranda & Nahuz (1999) concluíram que o espaçamento de plantio praticado influenciou nos índices de rachamento, não tendo sido possível estabelecer a relação exata entre espaçamento e rachaduras. Contudo, entre os arranjos 3 x 3m, 3 x 4m e 4 x 4m, o melhor desempenho cumulativo, após o desdobro e após a secagem, com a menor perda de material serrado por rachaduras, foi observado no maior espaçamento.

A grande diversidade de espécies do gênero *Eucalyptus* sp., atualmente utilizadas em reflorestamento no Brasil, sugere haver uma grande variação na sensibilidade das mesmas à competição. Algumas espécies, como *E. grandis*, que é amplamente plantada no país, são sensíveis às competições inter e intraespecíficas, podendo ocorrer, durante seu crescimento, formação de estratos em que podem ser identificadas árvores dominantes, codominantes e dominadas, e redução no crescimento quando sujeito à matocompetição. Em geral, o tempo para definição dos estratos é função, dentre outros, do espaçamento, da espécie, da qualidade do sítio, da variação genética na população e da interação entre esses fatores (Patiño-Valera, 1986).

Desde a introdução do eucalipto no Brasil, vários estudos foram conduzidos na tentativa de definir o melhor espaçamento de plantio. Na maioria das vezes, a característica avaliada foi a produção, expressa pela altura, pelo diâmetro e pelo volume, considerando inclusive a dinâmica e fluxo dos fatores de crescimento (água, luz, nutrientes) e constatando-se o efeito da densidade populacional sobre o crescimento (Leite, 1996). Todavia, de modo geral, estes estudos foram direcionados ao monocultivo desta espécie florestal.

Analisando o crescimento em altura e diâmetro, a produção de biomassa e eficiência nutricional de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla* no espaçamentos 4 x 3m, 3 x 3m, e 3 x 1,5m, aos 41 meses, Bernardo (1995)

verificou que as três espécies apresentaram respostas diferenciadas quanto aos parâmetros avaliados. O *E. urophylla* apresentou maior altura no menor espaçamento, *E. camaldulensis* no maior espaçamento e o *E. pellita* não apresentou diferenças.

Botelho (1998) cita que muitos experimentos têm mostrado uma tendência de aumento do crescimento em altura à medida que se diminui o espaçamento (Assis et al., 1999). Segundo Patiño-Valera (1986), isto pode ser explicado em função de que, nos espaçamentos mais reduzidos, a competição entre plantas em busca de luz é muito mais intensa em função da necessidade da árvore de ampliar ao máximo a superfície foliar e suprir sua necessidade de fotoassimilados, estimulando-se dessa forma, o crescimento em altura. Este efeito, quando existe, ocorre apenas na fase inicial do crescimento, sendo que esta relação se modifica com o aumento da idade.

Bernardo (1995) também afirma, baseado na literatura, que a tendência do aumento do crescimento inicial em altura com a redução do espaçamento é explicada com base na competição por luz. Para este caso, as plantas devem ser consideradas exigentes em luz e praticamente não apresentar competição por água e nutrientes, tornando a luz um fator isolado.

A escolha do espaçamento inicial de plantio tem um impacto muito maior no diâmetro que na altura. Arranjos mais amplos produzem árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) maior, mas com altura similar à das árvores de arranjos mais estreitos (Smith & Strub, 1991). Diversos autores já constataram que o DAP é uma característica altamente responsiva ao espaçamento de plantio, sendo tanto maior quanto maior a área útil por planta e a idade do povoamento, até certo limite (Gomes, 1994; Bernardo, 1995; Botelho, 1998; Leles et al., 2001; Ladeira et al., 2001; Oliveira Neto et al., 2003; Pinkard & Neilsen, 2003).

Silva (1999) verificou que o diâmetro diminui com a redução da área útil por planta, resultando em menor volume por árvore. No entanto, devido ao

maior número de árvores nos menores espaçamentos, em sistemas consorciados com gramíneas, o maior volume de madeira com casca, por hectare, ocorreu no espaçamento 3 x 2m, sendo 68% superior à do 6 x 2m, também avaliado. No 3 x 2m, a produção do sistema consorciado foi 55,2% superior à do eucalipto solteiro, indicando que a cobertura proporcionada pela *Brachiaria decumbens*, na condição de relevo declivoso do estudo, aos seis anos de idade, foi benéfica à produção volumétrica do *E. grandis*, devido à retenção de umidade, ao controle de erosão e ao acréscimo de matéria orgânica ao solo. O preparo do solo, por meio de gradagem para correção do solo, antes do plantio do eucalipto, pode ter favorecido os processos erosivos e prejudicado o desempenho do eucalipto no espaçamento 3 x 2m sem consórcio.

A produção em volume de madeira de um povoamento sempre diminui com o aumento do espaçamento inicial (Fishwich, 1976, citado por Bernardo, 1995), entretanto essa diferença de produção torna-se cada vez menor com o aumento da idade das plantas.

Em plantios mais densos, a estagnação do crescimento ocorre mais cedo, resultando em rotações mais curtas e indivíduos de dimensões mais reduzidas. Em espaçamentos mais amplos, espera-se obter uma produção volumétrica no fim de uma rotação, similar àquela obtida em espaçamentos mais reduzidos. A diferença de produção volumétrica de um espaçamento para outro é, portanto, dependente apenas do tempo requerido para se obter plena ocupação do sítio, havendo tendência de produção máxima por unidade de área similar para todos os espaçamentos, o que corresponde à lei da produção final constante (Radosevich & Osteryoung, 1987, citado por Bernardo, 1995).

Portanto, a densidade inicial varia com o sítio, espécie e com o produto final desejado. Um estoque inicial muito alto produz o máximo de madeira em rotações curtas, produzindo madeira de pequenas dimensões. As madeiras de

alto valor comercial (maiores dimensões) são obtidas com plantio em baixa densidade inicial ou por meio de desbastes no povoamento (Botelho, 1998).

Pinkard & Neilsen (2003) citaram que o volume total do povoamento por unidade de área aumenta com a maior densidade do povoamento às expensas de um menor volume individual por árvore.

Em suma, pode-se dizer que o produto final desejado é o fator que determina o espaçamento de plantio (Smith & Strub, 1991). Se a produção de celulose for a finalidade da madeira em curtas rotações, espaçamentos reduzidos (6 a 9 m²/planta) propiciarão maior volume por hectare, com tratos silviculturais específicos, árvores de pequeno tamanho e custos de implantação elevados. Ladeira et al. (2001) recomendaram a possibilidade de utilização do espaçamento 3 x 1,5m, com superior produção de biomassa por hectare, para *E. pellita* e *E. urophylla*, desde que o uso do produto final não requeira árvores de grandes dimensões.

Se o produto final desejado for madeira para serraria em rotações relativamente curtas (sem desbastes intermediários), espaçamentos mais amplos devem ser empregados. O regime de manejo está associado à produção de árvores de maior tamanho e menores custos de implantação.

Uma desvantagem, neste último caso, é o maior período até o fechamento das copas das árvores, o que permite o crescimento de plantas daninhas, gerando competição e dificultando operações de desbaste e colheita (Smith & Strub, 1991). Contudo, a implantação de sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris, com a introdução de culturas intercalares e pastagem nas entrelinhas modifica esta situação de maneira altamente positiva.

Alguns exemplos de sistema silvipastoril consistem na associação da atividade pecuária em áreas de reflorestamento, como forma de minimizar o custo de manutenção dos povoamentos florestais (Yared et al, 1992).

Um dos objetivos do pastoreio em plantações florestais é controlar as plantas daninhas, diminuindo dessa forma o custo de estabelecimento das espécies florestais. Deve-se iniciar a associação quando as árvores tiverem desenvolvimento suficiente, para não serem danificadas pelos animais (Lunz & Franke, 1998). Nos sistemas silvipastoris, a formação deliberada de pastagens reduz a incidência de plantas daninhas e a coexistência com as árvores é positiva.

Com o objetivo de avaliar o controle da vegetação nativa em plantios de *E. saligna* nas densidades de 204, 400 e 816 árvores/ha, Varella & Saibro (1999) aplicaram os tratamentos, sem controle, herbicida pré-emergente, herbicida pré e pós-emergente, pastejo com bovinos e com ovinos. A utilização dos animais foi o método mais eficiente e reduziu a competição inicial às mudas de eucalipto.

Contreras Marquez (1997) afirma que, para a obtenção de produtos com maiores dimensões, devem ser utilizados espaçamentos mais amplos, porém, em rotações mais longas, para evitar a subutilização do sítio.

Quanto às implicações do espaçamento no crescimento das árvores, em relação ao desenvolvimento de raízes, Gomes (1994), trabalhando com *E. camaldulensis*, *E. saligna* e *E. urophylla*, cultivado nos espaçamentos 3 x 1,5m, 3 x 3m e 3 x 4m, verificou que o desenvolvimento da raiz pivotante dessas espécies não foi afetado pelo espaçamento. Porém, Leles et al. (2001) observaram diferenças significativas, sendo a raiz pivotante de *E. camaldulensis* mais desenvolvida que de *E. pellita*. De acordo com os autores, no espaçamento 9 x 9m, em condições de baixa competição, tanto *E. pellita* quanto *E. camaldulensis* alocaram grande parte de fotoassimilados para produção do sistema radicular. As raízes e galhos mais grossos aumentaram com o aumento do espaçamento, em detrimento da produção de madeira, como também constatou Contreras Marquez (1997).

Estimando a biomassa e o comprimento de raízes de *E. urophylla* aos 10 anos de idade, Witschoreck et al. (2003) concluíram que aproximadamente 57,9% da biomassa de raízes finas (diâmetro \leq 2mm) está concentrado nos primeiros 20cm de solo. Além do fator genético, a competição e o espaçamento interferem na distribuição das raízes. Em espaçamentos muito amplos pode ocorrer alocação de biomassa para componentes da árvore que não são explorados comercialmente, conforme citaram Oliveira Neto et al. (2003).

Vale ressaltar que o espaçamento modifica a arquitetura da copa, principalmente quanto à forma, diâmetro e permanência de galhos na planta. Bernardo (1995) verificou, que aos 41 meses de idade, as plantas de *E. urophylla* e *E. pellita* no espaçamento 3,0 x 1,5m, apresentaram galhos finos e sem folhas em avançado processo de senescência, ainda retidos no tronco, enquanto no espaçamento 4,0 x 3,0m, os galhos eram grossos e com folhas na parte basal da copa. Assim, o espaçamento alterou a relação fonte/dreno para essas duas espécies, ou seja, no espaçamento 4,0 x 3,0m, as plantas mantiveram crescimento de galhos basais em detrimento do crescimento do tronco, principalmente em altura. Para *E. camaldulensis*, essa influência foi menor, considerando que a maior altura foi verificada nos espaçamentos mais amplos.

Tanto o espaçamento quanto as espécies consorciadas podem influenciar o crescimento do eucalipto. Clones de *E. grandis* x *E. urophylla* associados com pastagem de capim andropogon (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina) e brizantão (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú), em região de cerrado do Amapá, mostraram crescimento distinto dependendo da forrageira no sub-bosque. Menor crescimento do eucalipto foi observado no consórcio com capim brizantão. Com um ano de idade, as árvores apresentaram 3,56m de altura, 2,97cm de DAP e 3,56m² de área de copa, em comparação a 5,14m (altura), 4,31cm (DAP) e 4,33m² (área de copa) para eucalipto e andropogon (Mochiutti & Meirelles, 2000).

Quanto ao fator econômico, o aumento do espaçamento reduz despesas com preparo do solo, número de mudas, quantidade de fertilizantes e o gastos com desbastes, mas pode implicar em aumento do custo de manutenção. Todavia, em sistemas agrossilvipastoris existe uma situação diferenciada de manejo, em que a mão-de-obra aplicada é otimizada para todas as culturas em consórcio e há receitas com a produção a curto e médio prazos.

A variação do número de árvores por hectare tem efeito relativamente pequeno no tempo padrão e no custo das operações de corte, em comparação com o efeito do diâmetro médio do povoamento. Talhões com diâmetro-médio pequeno tendem a apresentar altos custos de corte, enquanto povoamentos com maior diâmetro-médio apresentam custos de corte mais baixos. As árvores de maiores dimensões nos arranjos mais abertos facilitam o preparo para abate e diminuem o tempo de caminhamento (Silva & Machado, 1995).

Em espaçamentos pequenos, a necessidade dos desbastes muito precoces, com produção de material de baixo valor comercial, associada ao maior custo com preparo do solo, mudas e fertilizantes, pode gerar um custo de produção muito alto se comparado com espaçamentos maiores. Estudos têm demonstrado que os custos envolvidos na implantação dos povoamentos mais densos, a necessidade de desbastes precoces e o decréscimo no crescimento com a competição geram um menor lucro nos menores espaçamentos, quando comparados com os espaçamentos mais amplos (Botelho, 1998).

Resultados de pesquisa (Bernardo, 1995) indicaram que existe pequena redução na produção de biomassa das plantas no espaçamento 3,0 x 1,5m, em relação ao espaçamento 4,0 x 3,0m, o que sugere não ser recomendável a adoção de espaçamentos reduzidos para *E. camaldulensis*, por exemplo. No espaçamento 3,0 x 1,5m, a maior competição entre plantas resulta na estabilização do crescimento e acúmulo de biomassa em menores idades que o observado no espaçamento 4,0 x 3,0m, para *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E.*

urophylla. Portanto, os elevados custos na produção de mudas, implantação e manutenção de povoamentos adensados não resultaram em aumento da produção e biomassa, proporcional a esses investimentos.

Além disso, Silva (1999) citou em seus estudos que o sistema de consórcio viabilizou a produção de eucalipto e o custo de venda da madeira, com esta espécie florestal cultivada nos espaçamentos 3 x 2m, 4 x 2m, 5 x 2m e 6 x 2m. O melhor sistema foi o consórcio de *E. grandis* com *B. decumbens*, no espaçamento do eucalipto de 6 x 2m e horizonte de planejamento de 18 anos, com resultados de valor presente líquido (VPL), valor esperado da terra (VET) e taxa interna de retorno (TIR), respectivamente, de R\$ 11.125,00, R\$ 17.656,62 e 306,6%, sendo o consórcio considerado viável para as condições estudadas.

Analisando a viabilidade econômica da implantação de sistemas agroflorestais com *Eucalyptus urophylla* consorciado com arroz e com feijão, além das respectivas monoculturas, Silva et al. (2001) testaram os espaçamentos 3 x 2m, 4 x 1,5m, 5 x 1,5m, 9 x 1m e 5 x 2m. Os resultados deste estudo de caso indicaram que as monoculturas florestal e do arroz foram inviáveis. Para o consórcio de eucalipto com arroz ocorreu viabilidade e o melhor arranjo foi o 4 x 1,5m. Em geral, o melhor consórcio foi o eucalipto com feijão no arranjo 3 x 2m.

Em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris, o emprego de espaços mais amplos implica em menor número de árvores e, conseqüentemente, redução sensível na fase de produção de mudas, que consta dentre as que mais oneram o empreendimento.

Alguns autores estimaram que o custo das operações necessárias à implantação de 1 ha de eucalipto no espaçamento 10 x 4m variou de R\$ 383,10 (Macedo & Oliveira, 1996) a R\$ 457,28 (Dubé, 1999), enquanto para o espaçamento 3 x 3m este valor foi de R\$ 852,58 (Dubé, 1999). Isto representa

um acréscimo de 46,4% a 55,1% a mais no custo de implantação para o arranjo mais adensado.

Silva et al. (2004) concluíram que o custo médio para implantação de 1 ha de eucalipto, no espaçamento 3 x 3m, é de R\$ 703,02, sendo os maiores custos atribuídos à aquisição de bandejas e tubetes (28,3%). Com base nestes estudos, pode-se dizer que o custo de implantação de 1 ha de eucalipto no espaçamento 3 x 3m é quase o dobro da implantação no 10 x 4m.

Dentre outros aspectos relacionados a sistemas de consórcio com eucalipto, como os agrossilvipastoris, Macedo (1998) realça que devem ser observadas as recomendações técnicas para cada cultura, que devem ser adaptadas ao local e ser tolerantes ou mesmo se beneficiarem do sombreamento promovido pelo eucalipto. Além disso, deve ser compatível com esta espécie arbórea, ocupando diferentes estratos na parte aérea e sistema radicular. Recomenda-se a adoção de espaçamentos mais amplos que o convencional 3 x 2m ou a realização de desbastes e podas para a elevação das copas, visando reduzir a competição, aumentar a luminosidade nas entrelinhas e a qualidade do produto florestal.

As espécies do gênero *Eucalyptus*, consideradas de rápido crescimento nas regiões tropicais, permitem a obtenção de madeira em rotações curtas. A madeira pode ser utilizada para serraria, celulose e carvão e diversos outros usos em indústrias e propriedades rurais. Com a adoção de sistemas silvipastoris, ou seja, formação de pastagens arborizadas, há uma melhor utilização da área e melhoria das condições ecológicas do sistema, podendo ser facilmente adotado tanto por agricultores quanto por empresas (Silva, 1999).

Com a finalidade de obter produtos florestais com maior valor agregado, principalmente por meio da exploração de madeira de reflorestamento para serraria, torna-se necessário aumentar convenientemente o espaçamento entre as linhas de plantio de eucalipto. O consórcio com cultivos agrícolas nos anos

iniciais, seguido da formação de pastagens para engorda de gado de corte, apresenta-se como uma das alternativas potenciais para amortizar os custos de implantação e manutenção inicial da floresta, permitir um fluxo de caixa contínuo ao longo do período de maturação da floresta e ainda fornecer rendas adicionais (Macedo et al., 2000b).

2.5 Considerações sobre radiação solar em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris

Os sistemas agroflorestais baseiam-se em um princípio de sustentabilidade que otimiza o máximo aproveitamento dos recursos naturais, por meio da multiestratificação diferenciada da diversidade de espécies que exploram os perfis vertical e horizontal da paisagem (Macedo, 1993).

A energia solar vital é aproveitada de diversas formas pelas espécies vegetais que ocupam o dossel e o sub-bosque, havendo adaptações às mudanças microclimáticas que ocorrem no sistema, seja silviagrícola, silvipastoril ou agrossilvipastoril.

Os fatores responsáveis pelo crescimento, produtividade dos vegetais e sustento da produção agrícola e florestal incluem, além da radiação solar, água, temperatura, nutrientes e CO₂.

Apesar disso, vale mencionar que a radiação solar é praticamente a única fonte de energia para os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais. Assim, a produção final de matéria seca de uma planta depende da eficiência com que as folhas convertem energia radiante em energia química por meio da fotossíntese (Assis & Mendez, 1989).

O conhecimento sobre a distribuição da radiação solar no sub-bosque de sistemas agrossilvipastoris adquire grande importância como base para planejar mais adequadamente o manejo dos componentes do sistema, tanto agrícolas como florestais e pastagens.

Larcher (1986) cita que a produção de matéria seca de pastagens está relacionada com a radiação solar e, mediante um balanço hídrico adequado e bom suprimento de nutrientes, essa produção é estimulada com o aumento da radiação.

A produção de forragem no sub-bosque dependerá da quantidade e também da qualidade de luz disponível (Wilson & Ludlow, 1991), da quantidade de água disponível, dos nutrientes e da espécie, da categoria e do manejo animal empregados (Veiga & Serrão, 1990).

A radiação solar que atinge a superfície, chamada de radiação global, consiste de radiação direta e difusa. A intensidade da radiação difusa depende da latitude, altitude, do ângulo solar, nebulosidade e da turbidez da atmosfera. Desse modo, uma grande parcela da energia disponível para as plantas está na forma de radiação difusa que, por não ter dependência angular, atinge o interior da copa e as partes inferiores do dossel (Bernardes, 1987). Portanto, mesmo em ambiente sombreado, a radiação solar global pode apresentar valores elevados, em função da sensibilidade na faixa do infravermelho do espectro visível, por exemplo, dispersa por radiação difusa e não interceptada pelas copas das árvores.

A radiação fotossinteticamente ativa, no comprimento de onda de 400 a 700 nm do espectro visível, refere-se à energia radiante que excita moléculas de clorofila e dá início ao fluxo de energia requerida para a fotossíntese (McCree, 1972, citado por França et al., 1997; Bernardes, 1987). Este tipo de radiação é expresso pela mensuração da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFF).

Também compreendida na faixa do espectro visível de 400 a 700 nm, a iluminância expressa a radiação visível em uma faixa espectral correspondente à observada pelo olho humano, não aproveitável pelas plantas para realização da fotossíntese, mas refletida. Em relação à radiação global e à fotossinteticamente

ativa, a iluminância difere por ser mensurada com um fotômetro, sensor em que há máxima sensibilidade na faixa do verde e amarelo, em um comprimento de onda de aproximadamente 555 nm (LI-COR, 1991).

O nível de radiação que atinge o estrato herbáceo é dinâmico ao longo da formação dos sistemas silvipastoris. Naqueles com densidade alta, a quantidade de luz que chega ao sub-bosque declina com o tempo até a total dominância das copas. Em sistemas bem manejados, nos quais a luminosidade na pastagem é garantida pelo maior espaçamento, a competição por luz é crítica somente na interface árvore-pastagem, em que o grau de adaptação da forrageira à sombra determinará o povoamento sob as copas das árvores (Franke & Furtado, 2001).

Deve-se considerar que a relação luz difusa/luz direta também importante. Independente da copa da árvore, a luz difusa é emanada de todo o céu e não apenas de um único ponto, ou seja, o sol. Portanto, atinge melhor o sub-bosque que a luz direta (Wilson & Ludlow, 1991).

Vale mencionar também que a atividade fotossintética das plantas de sub-bosque, por exemplo forrageiras, pode ser afetada por feixes de luz direta que atravessam a copa das árvores, os *sunflecks*. Pearcy (1988) cita que a luminosidade no sub-bosque de florestas é distribuída de forma bastante dinâmica, em virtude da luz difusa incidente ser pontuada por *sunflecks* frequentemente, os quais podem durar de segundos a minutos. Embora presentes em apenas parte do dia, estes raios de luz direta podem contribuir com mais que dois terços da radiação fotossinteticamente ativa.

O conhecimento sobre os comprimentos de onda e distribuição destes no dossel e sub-bosque de sistemas agrossilvipastoris pode auxiliar no manejo dos componentes visando ao melhor uso da radiação solar.

Do total de energia solar que chega até uma folha, 60% são de radiação de comprimento de onda não absorvido; 8% correspondem à radiação que é

refletida ou transmitida e 8% são radiação dissipada como calor. Sobram ainda 24% dessa energia, que é utilizada no metabolismo geral da folha, mas cerca de 19% é perdida no metabolismo, sendo então somente 5% convertidos em carboidratos. Contudo, a fotossíntese depende do número de fótons absorvidos mais do que da energia total absorvida. A densidade do fluxo fotônico (DFF) expressa a quantidade de fótons (mol ou μ mol de fótons) por unidade de área e de tempo. Num dia a pleno sol, no horário entre 10:00 e 14:00 h, a DFF, na faixa de radiação fotossinteticamente ativa (400 a 700 nm), pode alcançar valores de 2.000 ou 2.500 μ mol s^{-1} m^{-2} . Vale ressaltar que algumas plantas C3 podem saturar-se com baixos níveis de radiação (aproximadamente 500 μ mol s^{-1} m^{-2}) (Loureiro & Martinez, 2005).

À medida que aumenta a intensidade da luz se elevam também as taxas de fotossíntese líquida nas folhas expostas ao sol. Todavia, alcança-se um ponto chamado ponto de saturação lumínica, a partir do qual o aumento da intensidade lumínica não ocasiona aumento na taxa de fotossíntese líquida. Este ponto de compensação lumínica determina, em grande parte, a quantidade de carboidratos que é produzida. Tem poucas consequências para plantas totalmente expostas, visto que recebem toda luz disponível. Entretanto, as plantas dos estratos inferiores recebem a luz filtrada através do dossel superior e estão sujeitas à sombra e raios de luz solar direta. O tempo efetivo e a intensidade lumínica que recebem as plantas de sub-bosque são controlados, em grande parte, pela densidade do povoamento, além do tipo de copa das árvores (Daniel et al., 1982).

A penetração de luz (em $W.m^{-2}$) diminui com o aumento da densidade arbórea (Acciaresi et al., 1994). Leite et al. (1997) constataram que a relação entre a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos interceptada e a área útil disponível por planta foi linear e decrescente. Ou seja, à medida que aumentou a densidade de árvores diminuiu a radiação no sub-bosque em

decorrência da interceptação pelas copas. Ademais, a quantidade de radiação interceptada por área apresentou correlações significativas e positivas com a produção volumétrica de madeira.

Existem relatos de vários trabalhos em que foi mencionado o aspecto do sombreamento como fator de mudança do microclima em sistemas silvipastoris (Ovalle & Avendaño, 1994; Castro, 1996; Porfírio da Silva & Mazuchowski, 1999; Porfírio da Silva et al., 1999; Feldhake, 2001; Porfírio da Silva et al., 2001; Rakocevic & Ribaski, 2002; Silva-Pando et al., 2002).

Contudo, Porfírio da Silva et al. (1998) citaram que poucos estudos foram desenvolvidos em condições brasileiras, de maneira que o levantamento da magnitude das modificações microclimáticas ofereça informações que possam fundamentar a possibilidade ou impossibilidade de empregar certo componente ou forma de manejo no sistema.

Em povoamentos de eucalipto, a radiação solar pode ser entendida primordialmente como fator que afeta a fotossíntese e, conseqüentemente, a produtividade florestal, assim como das culturas intercalares que compõem sistemas silviagrícolas, silvipastoris e agrossilvipastoris.

A variada dependência da luz pela fotossíntese, entre diferentes tipos de plantas, pode ser vista sob as condições predominantes no hábitat natural. Se a troca gasosa não é restrita por outros fatores, assim como o suprimento de água e temperatura, a curva de fotossíntese líquida acompanha a disponibilidade de luz até a saturação. Plantas C_3 atingem um ponto de saturação lumínica antes que as C_4 . Estas são capazes de usar plenamente a luz do meio-dia em um dia claro (Larcher, 1986).

Em povoamentos de *Acacia caven* com 20%, 50% e 100% das árvores desbastadas (corte raso), verificou-se que as árvores diminuíram a radiação recebida ao nível do estrato herbáceo, sendo a radiação solar incidente no sub-bosque suficiente para manter a atividade fotossintética das plantas. Outras

implicações da menor radiação à sombra denotam do efeito da árvore ao atenuar extremos de temperatura e reduzir a evaporação, implicando em maior disponibilidade hídrica no solo (Ovalle & Avendaño, 1994).

“A quantidade de luz no sub-bosque, necessária para o crescimento do pasto, depende da espécie, do espaçamento e da idade das árvores. As árvores a serem utilizadas em um sistema silvipastoril devem apresentar, de preferência, copas que permitam a passagem de luz suficiente para o crescimento das forrageiras”. Algumas espécies de eucalipto, por exemplo, permitem uma incidência de luz satisfatória para o desenvolvimento do sub-bosque (Garcia & Couto, 1997).

Em renques curvilíneos de *Grevillea robusta* em pastagens no noroeste do Paraná, verificou-se que o comportamento na interceptação de radiação solar pelas copas das árvores, gerando zonas de sombra e luz, juntamente com o comportamento de ventos de menor velocidade, influem sobre outras variáveis microclimáticas, como temperatura e umidade do ar e assim no déficit de pressão de vapor, que sendo menor influirá na evapotranspiração e, conseqüentemente, pode afetar positivamente o desempenho das pastagens no sistema silvipastoril em questão (Porfírio da Silva et al., 1998).

Os efeitos do sombreamento são mais pronunciados quando o teor de nitrogênio e água limitam o crescimento a pleno sol (Cruz, 1997). Apesar da relação entre a taxa fotossintética e a disponibilidade de água, Rakocevik & Ribaski (2002) concluíram que a quantidade de radiação se torna crítica quando o recurso água é limitante, podendo haver diminuição na produtividade da forrageira em períodos de estresse hídrico, gerada pela competição do eucalipto em altas densidades de plantio.

A influência da radiação solar sobre os animais também é variável em sistemas silvipastoris. Naães (1989), citado por Porfírio da Silva & Mazuchowski (1999), citaram valores médios para variáveis climáticas sob as

quais os ruminantes manteriam uma produção mínima, em um longo período de exposição (uma semana ou mais). A radiação solar incidente sobre o animal seria de aproximadamente 700 W m^2 . O sombreamento das árvores poderia minimizar os efeitos prejudiciais da insolação direta e aumentar o conforto térmico em sistemas silvipastoris.

A disponibilidade de sombra para vacas da raça holandesa em lactação, durante as horas mais quentes do dia, tem efeito variável, tendendo a estimular a produção de leite com maior teor de sólidos não gordurosos. Os animais de mais alta produção e em início de lactação são os mais afetados pela condição desfavorável da falta de sombra (Carvalho et al., 1996).

2.6 *Brachiaria* sp. em sistema silvipastoris e agrossilvipastoris

A recente conscientização da importância da árvore na estabilidade ecológica e produtiva das pastagens tem motivado a criação de alternativas que visam compatibilizar a silvicultura com a pecuária em sistemas de produção. Dessa forma, a associação de pastagens com árvores, ou seja, os sistemas silvipastoris, podem interferir positivamente na disponibilidade e valor nutritivo da forragem, além da geração de empregos, obtenção de produtos florestais e serviços ambientais (Ribaski & Rakocevic, 2002).

A introdução de árvores em pastagem ou o pastoreio em plantações florestais constituem exemplos de sistemas silvipastoris, assim como os cultivos intercalares nos anos iniciais de reflorestamentos, seguidos da formação de pastagem no sub-bosque, caracterizam um sistema agrossilvipastoril seqüencial.

Ambos são alternativas à atividade agrícola, pecuária e florestal, entretanto Castro (1996) cita que os diversos ensaios com sombreamento natural de forrageiras pelo estrato arbóreo, ou artificial (por meio de telas), mostraram resultados contrastantes, observando-se o aumento da produtividade de matéria

seca à sombra (Santos, 1990) e redução ou ausência de efeito da sombra, mantendo-se a produção de biomassa semelhante à obtida em pleno sol (Marques, 1990).

Castro et al. (1998) citam a necessidade de maiores informações sobre o comportamento das principais forrageiras tropicais como as do gênero *Brachiaria* sp. que, sob luminosidade reduzida, têm sua composição química e digestibilidade afetadas.

Estudando as respostas ecofisiológicas e anatômicas ao sombreamento em plantas florestais jovens de diferentes grupos ecológicos, Zanela (2001) concluiu que, em condições sombreadas, valores mais elevados de teores de nitrogênio foliar e clorofila compensam a menor disponibilidade de energia radiante. Isto também pode ocorrer em gramíneas e expressar a maior eficiência fotossintética das forrageiras à sombra, conforme observou Cruz (1997).

Mudanças estruturais na *Brachiaria brizantha* também ocorrem; o alongamento do caule e sua inclinação, o número de entrenós e folhas verdes, a senescência e a perda das mesmas são mais pronunciadas nas plantas de sombra (dentro do sistema e sob a copa das árvores) (Castro et al., 1999; Rakocevik & Ribaski, 2002).

Nas faixas de árvores de *Acacia* sp., *Mimosa* spp. e *E. grandis*, em sistema silvipastoril avaliado por Aroeira et al. (2004), apenas 30% da radiação fotossinteticamente ativa alcançava o relvado de *B. decumbens*, o que resultou em menor quantidade de matéria seca, índice de área foliar, densidade de perfilhos e diminuiu a qualidade da forragem, em relação à área a pleno sol. Os autores concluíram que a boa produtividade do sistema silvipastoril depende da menor densidade de árvores, devido aos efeitos negativos da reduzida luminosidade. Isto sugere avaliações das espécies forrageiras no sub-bosque das espécies arbóreas sob arranjos diversificados.

Sistemas silvipastoris instalados sob diferentes espaçamentos (3 x 2m, 4 x 2m, 5 x 2m e 6 x 2m) foram avaliados por Garcia et al. (1994). Constatou-se uma redução na produção de madeira com o aumento do espaçamento, apesar do maior diâmetro das árvores aos três anos. O 6 x 2m foi o mais indicado para o consórcio com *E. grandis*, pois nessa condição, a produção da braquiária foi maior e o custo de produção do eucalipto menor em relação aos espaçamentos mais estreitos. Os eucaliptos no maior espaçamento apresentaram ainda maior taxa de transpiração, possivelmente devido à cobertura do solo pela *B. decumbens*, eliminando a erosão e facilitando a infiltração de água no solo, o que comprova a maior disponibilidade de água no solo em povoamentos de eucalipto sob espaçamentos mais amplos, citada na literatura.

A utilização de gramíneas forrageiras no controle de erosão é uma das vantagens obtidas com a implantação de sistemas silvipastoris. A cobertura de solo é tão mais eficiente quanto maior a adaptação da gramínea ao sombreamento promovido pelas árvores.

Sob a copa de *Grevillea robusta*, em sistema silvipastoril no Paraná, verificou-se aumento da área específica da folha e da razão de área foliar em *B. brizantha*, o que permitiu maior eficiência fotossintética pela gramínea, constituindo manifestação de adaptação e ou tolerância ao sombreamento (Porfírio da Silva et al., 1999). Dias-Filho (2000) também observou maior área específica da folha e razão de área foliar em *B. brizantha* e *B. humidicola* cultivados à sombra.

Avaliando a tolerância de cinco espécies forrageiras ao sombreamento, Castro (1996) observou que, em pastagens de *B. brizantha*, *B. decumbens*, *Panicum maximum* e *Setaria sphacelata*, o sombreamento aumentou o teor de lignina, proteína bruta, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, nas folhas e nos caules, e reduziu os coeficientes de digestibilidade. O sombreamento promoveu

uma tendência de declínio na produção da forrageira, com uma forragem mais succulenta.

Em estudos de Carvalho et al. (1997) constatou-se menor produção das gramíneas em relação às áreas não sombreadas. Foi avaliada a produção de matéria seca de *B. brizantha*, *B. decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Andropogon gayanus* cv. Planaltina, *P. maximum* cv. Vencedor e *S. sphacelata* cv. Kazungula, em consórcio com angico vermelho, em área montanhosa de Minas Gerais. As espécies tolerantes foram *B. brizantha* cv. Marandú e *P. maximum* cv. Vencedor, respectivamente, com 98% e 77% da produção obtida na área não sombreada.

As mesmas espécies avaliadas por Carvalho et al. (1997) foram estudadas por Castro et al. (1998), entretanto, submetidas a níveis controlados de sombreamento (0%, 30% e 60% de sombra). O sombreamento promoveu aumento significativo nos teores de proteína bruta, ante a mais lenta maturidade das folhas sombreadas. Houve ainda aumento nos teores de lignina que, relacionada à adaptação das gramíneas ao sombreamento, parece provocar maior desenvolvimento dos tecidos vasculares e de sustentação, estes ricos em lignina. Devido à elevação de 29,61% e 27,05% nos teores de lignina em caule e folhas das gramíneas, respectivamente, registrou-se diminuição de 10% na digestibilidade da forragem.

Com a finalidade de selecionar cultivares de gramíneas forrageiras tropicais para a formação de pastagem em sistemas silvipastoris, Costa et al. (1998) estudaram sete gramíneas forrageiras (*B. brizantha* cv. Marandú, *B. humidicola*, *Paspalum atratum* BRA-009610, *Paspalum guenoarum* BRA-003824, *Paspalum regnelli* BRA-00159, *Paspalum plicatulum* BRA-009661 e *Hemarthria altissima*). O plantio foi realizado em um seringal estabelecido há cerca de 12 anos, no espaçamento 3 x 7m. As mais promissoras para a formação

de pastagens em sistemas silvipastoris foram *B. brizantha* cv. Marandu e *B. humidicola* e *Paspalum atratum* BRA-009610.

Outros estudos foram desenvolvidos com *B. brizantha* em sistemas silvipastoris (Magalhães et al., 1998; Townsend et al., 1998), avaliando o desempenho animal, das forrageiras e de diferentes espécies arbóreas envolvidas.

A produção de *B. decumbens*, avaliada por Silva (1999) em sistema silvipastoril com *E. grandis* em arranjos 3 x 2m, 4 x 2m, 5 x 2m e 6 x 2m, diminuiu com a ocupação do solo e sombreamento promovido pelo eucalipto. A maior produção, obtida no arranjo 6 x 2m, alcançou 2,45 vezes a do 3 x 2m, demonstrando a viabilidade do consórcio em espaçamentos mais amplos. O menor desempenho nos mais adensados foi atribuído à competição por luz. O teor de nitrogênio e proteína bruta na forragem também aumentou com o espaçamento.

Respostas de gramíneas forrageiras ao sombreamento por eucalipto no espaçamento 3 x 3m foram analisadas por Costa & Townsend (2002). Estes autores verificaram que, quatro meses após o plantio, apenas *B. brizantha* apresentava 100% de área de solo coberta, produzindo pouco mais de 2,0 t/ha de matéria seca no período seco.

Um sistema silvipastoril envolvendo *Eucalyptus citriodora* e *Brachiaria brizantha*, normalmente usado para pastoreio de bovinos adultos, foi avaliado aos 12 anos de idade, tendo as árvores 26 metros de altura e 32 cm de DAP. A produção de matéria seca da braquiária foi menor próximo das linhas de plantio do eucalipto em comparação com as entrelinhas, com valores de 1,8 a 2,9 t/ha (Ribaski & Rakocevic, 2002), o que se justifica pela redução dos teores de umidade no solo, principalmente nos locais mais próximos das árvores. Vale ressaltar a melhor qualidade da forragem produzida à sombra (teor de nitrogênio significativamente maior).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIARESI, H.; ANSÍN, O. E.; MARLATS, R. M. Sistemas silvopastoriles: efectos de la densidad arborea en la penetración solar y producción de forraje en rodales de alamo (*Populus deltoides* Marsh). **Agroforesteria en las Américas**, Turrialba, v. 1, n. 4, p. 6-9, oct./dic. 1994.

ANDRADE, C. M. S. de. **Estudos de um sistema agrossilvipastoril, constituído por *Eucalyptus urophylla* S. T. BLAKE e *Panicum maximum* JACQ. cv. Tanzânia-1, na região dos cerrados de Minas Gerais, Brasil.** 2000. 102 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

AROEIRA, L. J. M.; PACIULLO, D. S. C.; MACEDO, R.; ALVIM, M. J.; CARVALHO, M. M. Sistema silvipastoril para criação de novilhas leiteiras: aspectos morfológicos, produtivos e qualitativos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, SAFs: desenvolvimento com proteção ambiental, 5., 2004, Curitiba. **Anais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. p. 131-133 (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

ASSIS, F. N. de; MENDEZ, M. E. G. Relações entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação solar global. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 7, p. 797-800, jul. 1989.

ASSIS, R. L. de; FERREIRA, M. M.; MORAIS, E. J. de; FERNANDES, L. A. Produção de biomassa de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 151-156, abr./jun. 1999.

BERNARDES, M. S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. p. 13-48.

BERNARDO, A. L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp. sob diferentes espaçamentos na região do cerrado de Minas Gerais.** 1995. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BEZERRA, R. G. **Consórcios de clones de eucalipto com soja e milho na região de cerrado no noroeste do Estado de Minas Gerais: um estudo de caso.** 1997. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BOTELHO, S. A. Espaçamento. In: SCOLFARO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p. 381-405.

- CARVALHO, M. M. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora: Embrapa – CNPGL, 1998. 37 p. (Embrapa – CNPGL. Documentos, 64).
- CARVALHO, M. M.; SILVA, J. L. O.; CAMPOS JUNIOR, B. A. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico vermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, viçosa, v. 26, n. 2, p. 213-218, mar./abr. 1997.
- CARVALHO, N. M. de; OLIVO, C. J.; TRONCO, V.; BURIOL, G. A. Efeitos da disponibilidade de sombra, durante o verão, sobre a composição do leite de vacas da raça holandesa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 19-24, 1996.
- CASTRO, C. R. T. de. **Tolerância de gramíneas forrageiras tropicais ao sombreamento**. Viçosa: UFV, 1996. 247 p. (Tese – Doutorado em Zootecnia)
- CASTRO, C. R. T.; CARVALHO, M. M. **Sistemas silvipastoris: relatos de pesquisa e de seu uso no Brasil**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 1999. 24 p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 53).
- CASTRO, C. R. T.; CARVALHO, M. M.; GARCIA, R.; COUTO, L. Efeito do sombreamento artificial sobre o valor nutritivo de seis gramíneas forrageiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: no contexto da qualidade ambiental e competitividade, 2., 1998, Belém, PA. **Resumos expandidos...** Belém: Embrapa CPATU, 1998. p. 23-25.
- CASTRO, C. R. T. de; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 919-927, set./out. 1999.
- CECCON, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; ANDRADE, M. J. B. de. Consórcio entre *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. , aos três anos de idade, e diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 9-14, jan./mar. 1999.
- COMBE, J.; BUDOWSKI, G. Clasificación de las técnicas agroforestales: una revisión de literatura. In: ACTAS. **Sistemas agro-forestales en América Latina**. Turrialba: CATIE, 1979. p. 17-48.
- CONTRERAS MARQUES, C. H. **Estudo silvicultural e econômico de povoamentos de eucalipto na Região de Cerrado de Minas Gerais**. 1997. 131 p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R. Desempenho agrônomo de gramíneas forrageiras tropicais sob sombreamento de eucaliptos na Amazônia Ocidental.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: Sistemas agrofloreatais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 2002. (CD-ROM).

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. G. de A. Avaliação agrônômica de gramíneas forrageiras sob sombreamento de seringal adulto. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: no contexto da qualidade ambiental e competitividade, 2., 1998, Belém, PA. **Resumos expandidos...** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. p. 201-203.

CRUZ, P. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C₄ perennial grass under field conditions. **Plant and Soil**, Dodrecht, v. 188, n. 2, p. 227-237, Jan. 1997.

DANIEL, O. **Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agrofloreatais**. 2000. 112 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DANIEL, O.; PASSOS, C. A. M.; COUTO, L. Sistemas agrofloreatais (silvipastoris e agrossilvipastoris) na região Centro Oeste do Brasil: potencialidades, estado atual da pesquisa e da adoção de tecnologia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS NA AMÉRICA DO SUL, 1., 2001, Juiz de Fora. **Situação atual da pesquisa e da adoção das tecnologias geradas**. Brasília: Embrapa Gado de Leite/FAO, 2001. (CD-ROM).

DANIEL, T. W.; HELMS, J. A.; BACKER, F. S. **Princípios de silvicultura**. 2. ed. México: McGraw-Hill, 1982. v. 2, 491 p. .

DIAS-FILHO, M. B. Growth and biomass allocation of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2335-2341, dez. 2000.

DUBÉ, F. **Estudos técnicos e econômicos de sistemas agrofloreatais com *Eucalyptus* sp. no Noroeste do Estado de Minas Gerais**: o caso da Companhia Mineira de Metais. 1999. 146 p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FELDHAKE, C. M. Microclimate of a natural pasture under planted *Robinia pseudoacacia* in central Appalachia, West Virginia. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 53, n. 3, p. 297-303, 2001.

FRANÇA, S.; ROSA, L. M. G.; BERGAMASCHI, H.; NABINGER, C.; SPANENBERG, P. Radiação fotossinteticamente ativa e sua relação com a radiação solar global em dossel de alfafa, em função do índice de área foliar.

Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 147-153, 1997.

FRANKE, I. L.; FURTADO, S. C. **Sistemas silvipastoris**: fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 51 p. (Embrapa Acre. Documentos, 74).

GARCIA, N. C. P.; REIS, G. G. dos; SALGADO, L. T.; FREITAS, R. T. F. Consórcio do *Eucalyptus grandis* com gramíneas forrageiras em área de encosta na zona da mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: Sistemas agroflorestais no desenvolvimento sustentável, 1., 1994, Porto Velho, RO. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. v. 2, p. 113-120. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 27).

GARCIA, R.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 447-471.

GOMES, R. T. **Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp. na região de cerrado de Minas Gerais**. 1994. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986. 319 p.

LEITE, F. P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais**. 1996. 90 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LEITE, F. P.; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de; SANS, L. M. A.; FABRES, A. S. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 313-321, jul./set. 1997.

LELES, P. S. dos S.; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; MORAIS, E. J. de. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 59, p. 77-87, jun. 2001.

LI-COR. **LI-COR terrestrial radiation sensors, type AS. Instruction manual**. Lincoln, Nebraska – USA, 1991. 28 p.

LOUREIRO, M. E.; MARTINEZ, C. **Fotossíntese**. Disponível em: <http://www.ufv.br/dbv/pgfv/Bve%20270/pdf/fotossintese3.pdf> [Consultado em 18. 01. 2005]

LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. **Princípios gerais e planejamento de sistemas agroflorestais**. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF/AC, 1998. 26 p. (Circular técnica, 22)

MAC DICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. Introduction to agroforestry. In: _____. **Agroforestry: classification and management**. New York: Wiley Interscience, 1990. p. 1-30.

MACEDO, R. L. G. Conservação e utilização sustentável da biodiversidade tropical através de sistemas agroflorestais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 4., Cuiabá, 1993. **Anais...** Cuiabá: UFMT, 1993. p. 245-250.

MACEDO, R. L. G.; Manejo sustentável do sistema agro-silvo-pastoril-rotativo (VOISIN) com clones de *Eucalyptus* implantados no Brasil. In: PRIMER CONGRESSO LATINO AMERICANO – IUFRO: EL MANEJO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS FORESTALES, DESAFIO DEL SIGLO, 21., 1998, Valdivia, Chile. **Anais...** Valdivia: IUFRO, 1998. 11 p.

MACEDO, R. L. G.; FURTADO, S. C.; OLIVEIRA, T. K. de; GOMES, J. E. Caracterização e manejo dos principais sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris. In: MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000b. p. 90-137.

MACEDO, R. L. G.; OLIVEIRA, A. D. de. **Sistemas agroflorestais: considerações técnicas e econômicas**. Lavras: DCF/UFLA, 1996 (Projeto de Consultoria).

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Princípios de agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 93-98, jan./fev. 2000a.

MACHADO, M. A. A. C. Minas, estado florestal. **Silvicultura**, São Paulo, n. 61, p. 39-40, maio/jun. 1995.

MAGALHÃES, J. A.; TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. de L.; PEREIRA, R. G. de A.; TAVARES, A. C. Desempenho produtivo de bubalinos em sistemas silvipastoris. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: no contexto da qualidade ambiental e competitividade, 2., 1998, Belém, PA.. **Resumos expandidos...** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. p. 210-211.

MARQUES, L. C. T. **Comportamento inicial de pericá, tatajuba e eucalipto em plantio consorciado com milho e capim-marandu, em Paragominas, Pará.** 1990. 92 p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MIRANDA, M. J. de A.; NAHUZ, M. A. R. Estudo da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith nos índices de rachamento após o desdobro e após a secagem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 55, p. 107-116, jun. 1999.

MOCHIUTTI, S.; MEIRELLES, P. R. de L. Estabelecimento de clones de eucalipto em pastagens na região de cerrados do Amapá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural, 3., 2000, Manaus. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 171-173. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 7).

MONTAGNINI, F. et al. **Sistemas agroforestais: principios y aplicaciones en los trópicos.** 2. ed. San José: Organización para Estudios Tropicales, 1992. 622 p.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS, 2000. 112 p.

NAIR, P. K. Sistemas e práticas agroforestais: aplicações no uso múltiplo das florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5., 1986, Olinda. **Anais...** Olinda: SBF/SBEF, 1986.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers / ICRAF, 1993. 499 p.

NEVES, C. M. N. das. **Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvipastoril no Noroeste do Estado de Minas Gerais.** 2002. 86 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA, A. D. de; SCOLFORO, J. R. S.; SILVEIRA, V. de P. Análise econômica de um sistema agro-silvo-pastoril com eucalipto implantado em região de cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 1-19, jun. 2000.

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de. **Sistema Barreirão: recuperação / renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1996. 90 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 64).

OLIVEIRA NETO, S. N. de; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camalduelnsis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 15-23, jun./fev. 2003.

OVALLE M., C.; AVENDAÑO R., J. Influencia del árbol sobre la vegetacion pastoral en los espinales (*Acacia caven*), de la zona mediterranea de Chile. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: Sistemas agroflorestais no desenvolvimento sustentável, 1., 1994, Porto Velho, RO. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. v. 2, p. 151-164. (Embrapa. CNPQ. Documentos, 27).

PATÍÑO-VALERA, F. **Variación genética em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com espaçamento.** 1986. 192 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PEARCY, R.W. Photosynthetic utilisation of lightflecks by understory plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 15, p. 223-238, 1988.

PINKARD, E. A.; NEILSEN, W. A. Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: implications for thinning. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.172, n.2/3, p.215-227, Jan. 2003.

PORFÍRIO DA SILVA, V. Sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul – para que adotá-los? In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1., Campo Grande. **Anais...** Embrapa Gado de Corte / Embrapa Pantanal / Embrapa Agropecuária Oeste / FINEP-MCT, 2003. (CD-ROM).

PORFÍRIO DA SILVA, V.; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Sistemas silvipastoris: paradigma dos pecuaristas para a agregação de renda e qualidade.** Curitiba: Emater Paraná, 1999. 52 p. (Série Informação Técnica. 50).

PORFÍRIO DA SILVA, V.; VIEIRA, A. R. R.; CARAMORI, P. H.; BAGGIO, A. J. O fluxo de calor no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Foratleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. p. 505-506. v. 2.

PORFÍRIO DA SILVA, V.; VIEIRA, A. R. R.; CARAMORI, P. H.; BAGGIO, A. J. A radiação fotossinteticamente ativa e a produção de pastagem em sistema silvipastoril. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. p. 2260-2266. (CD-Rom)

PORFÍRIO DA SILVA, V.; VIEIRA, A. R. R.; CARAMORI, P. H.; BAGGIO, J. A. Sombras e ventos em sistema silvipastoril no noroeste do Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: no

contexto da qualidade ambiental e competitividade, 2., 1998, Belém, PA.

Resumos expandidos... Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. p. 215-218.

RAKOCEVIC, M.; RIBASKI, J. Propriedades fisiológicas e estruturais de braquiária (*Brachyaria bryzantha* Hochst. Ex A. Rich) em consórcio com eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.) em um sistema silvipastoril no noroeste do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS

AGROFLORESTAIS: Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida, 4., 2002, Ilhéus.

Anais... Ilhéus: CEPLAC, 2002. (CD-ROM).

RIBASKI, J.; RAKOCEVIC, M. Disponibilidade e qualidade da forragem de braquiária (*Brachyaria bryzantha*) em um sistema silvipastoril com eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) no noroeste do Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 2002. (CD-ROM).

SANTOS, F. L. C. dos. **Comportamento do *Eucalyptus cloeziana* F. Muell em plantio consorciado com forrageiras, na região de cerrado, em Montes Claros, Minas Gerais**. 1990. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, J. M. S. da. **Estudo silvicultural e econômico do consórcio de *Eucalyptus grandis* com gramíneas sob diferentes espaçamentos em áreas acidentadas**. 1999. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, K. R.; MINETTI, L. J.; FIEDLER, N. C.; VENTUROLI, F.; MACHADO, E. G. B.; SOUZA, A. P. de. Custos e rendimentos operacionais de um plantio de eucalipto em região de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 361-366, maio/jun. 2004.

SILVA, M. L. da; LÓPEZ, J. C. F.; ALVES, J. U.; PASSOS, C. A. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais com eucalipto-arroz e eucalipto-feijão no município de Divinópolis-MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 209-216, abr./jun. 2001.

SILVA, M. L. da; MACHADO, C. C. Influência do diâmetro e do número de árvores por hectare no custo de corte do eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 308-318, jul./set. 1995.

SILVA-PANDO, F. J.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M. P.; ROZADOS-LORENZO, M. J. Pasture production in a silvopastoral system in relation with microclimate variables in the atlantic coast of Spain. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 56, n. 3, p. 203-211, Dec. 2002.

- SMITH, W. D.; STRUB, M. R. Initial spacing: how many trees to plant. In: DURYEA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (Ed.). **Forest regeneration manual**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 281-289.
- TOMASELLI, I.; DELESPINASSE, B.; BONSE, R. Eucalipto: alternativa às madeiras tropicais? **Silvicultura**, São Paulo, v.19, n.77, p. 22-23, jan./mar. 1999.
- TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; COSTA, N. de L.; PEREIRA, R. G. de A. Estabelecimento de *Acacia angustissima*, sob diferentes densidades, em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: no contexto da qualidade ambiental e competitividade, 2., 1998, Belém, PA. **Resumos expandidos...** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. p. 221-223.
- VALE, R. S. do; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MORI, F. A.; MORAIS, A. R. de. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 285-297, maio/jun. 2002.
- VARELLA, A. C.; SAIBRO, J. C. de. Uso de bovinos e ovinos como agentes de controle da vegetação nativa sob três populações de eucalipto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 30-34, jan./fev. 1999.
- VEIGA, J. B.; SERRÃO, E. A. S. Sistemas silvipastoris e produção animal nos trópicos: a experiência da Amazônia brasileira. In: PASTAGENS. Piracicaba: FEALQ, 1990, p. 37-68.
- WILSON, J. R.; LUDLOW, M. M. The environment and potential growth of herbage under plantation. In: SHELTON, H.M.; STÜR, W.W. (Eds.) **Forages for plantation crops**. Austrália: ACIAR, 1991. p.10-24 (ACIAR Proceedings, 32)
- WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no município de Santa Maria – RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 177-183, mar./abr. 2003.
- YARED, J. A. G.; BRIENZA JUNIOR, S.; MARQUES, L. C. T. **Potencialidades da agrossilvicultura para a Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA-CPATU/PA, 1992. 17 p. (Embrapa-CPATU/PA. Curso de instrutores agroflorestais, Macapá. 1992).
- ZANELA, S. M. **Respostas ecofisiológicas e anatômicas ao sombreamento em plantas jovens de diferentes grupos ecológicos**. 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CAPÍTULO 2

DINÂMICA DE CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE EUCALIPTO, SOB DIFERENTES ARRANJOS ESTRUTURAIS DE SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL

RESUMO

A produção de madeira para serraria tem como alternativa o eucalipto e está condicionada a um ciclo de corte mais longo, tratos silviculturais específicos e espaçamentos mais amplos, o que excede os padrões de manejo da maioria das florestas de eucalipto plantadas na atualidade. Espaçamentos mais amplos permitem o consórcio com espécies agrícolas e ou pastagem, efetivando a inserção do eucalipto em sistemas agrossilvipastoris sequenciais. Todavia, estudos científicos negligenciaram, na maioria dos casos, formas alternativas de cultivo além da monocultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar e caracterizar o comportamento silvicultural e produtivo de *Eucalyptus* spp. em diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril. O experimento foi implantado em dezembro de 1999, em área de cerrado, no noroeste de Minas Gerais (Paracatu, MG, Brasil). Fez-se o plantio de mudas clonais de um híbrido natural de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh com *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, selecionado para a produção de madeira para serraria. Foi estabelecido o consórcio com arroz no primeiro ano, soja no segundo e *Brachiaria brizantha* para os anos seguintes. O delineamento utilizado foi blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com cinco repetições. Estudou-se o efeito de 11 arranjos estruturais do sistema agrossilvipastoril: 3,33 x 2m, 3,33 x 3m, 5 x 2m, 10 x 2m, 10 x 3m, 10 x 4m, (3 x 3)+7m, (3 x 3)+10m, (3 x 4)+10m, (3 x 3)+15m e (3 x 4)+7+10m, em quatro épocas de avaliação (18, 27, 38 e 51 meses após o plantio). Constatou-se que o volume por planta não mostrou diferença entre distintos arranjos até 18 meses, sendo maior nos arranjos mais amplos a partir dos 27 meses. A partir de 38 meses quanto maior a área útil maior o DAP. Plantas com mesma área útil, em arranjos diferentes, apresentam crescimento diferenciado. A taxa de crescimento diminui com o passar do tempo nos espaçamentos mais reduzidos e, até os quatro anos, a produtividade do povoamento é mais influenciada pelo número de indivíduos por área do que pelo arranjo estrutural.

GROWTH DINAMICS AND YIELD OF EUCALYPT UNDER DIFFERENT ARRANGEMENT IN AGROSYLVOPASTORAL SYSTEM

ABSTRACT

The eucalypt yield is an alternative to saw timber and it is associated with a long cutting cycle, specific silvicultural treatments and large spacings. These conditions exceed the parameters of the used forest management. Large spacing allows the intercropping with annual crop or pastures, introducing eucalypt in agrosilvopastoral systems. However, many studies indicate that monoculture systems are better than any other kind of alternative production system. The objective of this study was to evaluate the silvicultural and productive behaviour of *Eucalyptus* spp. in different arrangements in agrosilvopastoral system. A hybrid of *E. camaldulensis* X *E. urophylla*, used for saw timber, was planted in the cerrado region of Minas Gerais (Paracatu, MG, Brazil) in December 1999. That hybrid was intercropped with rice (first year), soybean (second year) and *Brachiaria brizantha* pasture (following years). The experiment was conducted in randomized blocks, with five repetitions. The treatments were installed in split plots. The primary treatments were 11 spacings of eucalypt stand: 3,33 x 2m, 3,33 x 3m, 5 x 2m, 10 x 2m, 10 x 3m, 10 x 4m, (3 x 3)+7m, (3 x 3)+10m, (3 x 4)+10m, (3 x 3)+15m and (3 x 4)+7+10m. The secondary treatments were defined as four times of growth characteristics of eucalypt (18, 27, 38 and 51 months after planting). There were no differences among arrangements in the volume of eucalypt tree until 18 months old; increasing in the larger spacings in the larger spacings from the 27 months old. At 38 months old, the large available area to growth promoted the higher diameters at breast height (DBH); plants with the same available area to growth, but planted in different arrangements, showed different growth. The growth rate reduced along time in small spacings; until four years old the stand productivity is more influenced by the number of trees per area than by arrangement in the area.

1 INTRODUÇÃO

A demanda da humanidade por madeira e derivados cresce anualmente, assim como por alimento e outros produtos necessários à sobrevivência. A base dos recursos naturais é responsável pela manutenção da população humana. Contudo, a utilização inadequada e a superutilização de determinados recursos, em resposta à intensa demanda, vêm esgotando esta fonte, tanto para recursos naturais renováveis quanto para não renováveis.

Atenção especial é dispensada à reposição da vegetação em áreas antropizadas, recuperação de matas ciliares e atividades de reflorestamento.

Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, o déficit de madeira plantada no Brasil corresponde a uma estimativa de 300 mil hectares (Porfírio da Silva, 2003).

O número de empreendimentos voltados para o setor florestal vem aumentando. Em 2000, a área plantada com eucaliptos no Brasil foi estimada em aproximadamente três milhões de hectares. As florestas plantadas fornecem toda a matéria-prima para celulose e papel, aglomerados, chapas de fibra e MDF (Medium Density Fiberboard), em relação às florestas nativas. Das áreas de reflorestamento saem 75% da madeira produzida para carvão. Para serrados, a maior quantidade de madeira é oriunda das florestas nativas, sendo praticamente equivalentes os volumes fornecidos por nativas e plantadas para a produção de lenha industrial, lâminas e compensados (SBS, 2005).

A utilização crescente das madeiras provenientes de reflorestamentos para serraria é evidente nos últimos anos, especialmente as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (Vale et al., 2002). O uso de madeira proveniente destas espécies é generalizado, especialmente nas regiões sul, centro oeste e sudeste, em função da escassez de madeira de espécies nativas.

Atualmente, a madeira de eucalipto apresenta-se como alternativa de matéria-prima básica para diversos usos, principalmente a indústria moveleira (Silva, 2002). Conhecida na indústria de celulose, papel e carvão, está sendo difundida para obtenção de produtos com maior valor agregado, como para a fabricação de móveis.

A produção de madeira para serraria, contudo, está condicionada a um ciclo de corte mais longo, tratos silviculturais específicos e espaçamentos mais amplos, o que excede os padrões de manejo da maioria das florestas de eucalipto plantadas na atualidade.

Uma vez consolidadas as vantagens de um sistema alternativo de cultivo do eucalipto, existiria considerável interesse de empresas reflorestadoras no sentido de se adotarem espaçamentos maiores e arranjos espaciais variados, o que implicaria em mudanças no comportamento silvicultural das plantas, na produtividade e na finalidade da madeira.

A definição de espaçamentos adequados para o estabelecimento de espécies florestais, na região de cerrados, é de grande importância, uma vez que os solos apresentam baixa fertilidade e a disponibilidade hídrica é relativamente baixa e irregular. Nesta condição de recursos escassos, o espaçamento torna-se muito relevante, visto que os mais fechados podem gerar competições intra e interespecíficas intensas, enquanto espaçamentos mais abertos podem resultar em subutilização e menor produtividade das florestas (Bernardo, 1995).

As empresas reflorestadoras, principalmente na região do cerrado, estão empenhadas no desenvolvimento de técnicas que visam aumentar a produtividade dos plantios, sendo contemplados estudos que envolvem a adoção de novos espaçamentos e de novas técnicas de manejo da cultura e a utilização de espécies adaptadas às condições adversas da região (Assis et al., 1999).

O emprego de espaçamentos mais amplos permite a possibilidade de consórcio com espécies agrícolas e ou pastagem, o que sugere a inserção do eucalipto em sistemas agrossilvipastoris sequenciais. Poucos estudos foram desenvolvidos em sistemas agrossilvipastoris, visando avaliar o eucalipto em variadas condições de plantio, em linhas simples ou linhas duplas, mais ou menos adensado, uma vez que a maioria dos estudos concluídos aborda espaçamentos em torno de dois ou três metros entre plantas e entre linhas e em arranjos simplificados. Botelho (1998) cita que o arranjo espacial ou o modo de distribuição das plantas pode variar, mantendo-se a mesma densidade do povoamento, com implicações no crescimento e produtividade.

A abordagem dos estudos científicos sobre espaçamentos, densidade ou área útil por planta e a cultura do eucalipto negligenciou, na maioria dos casos, formas alternativas de cultivo além da monocultura, especialmente no que tange à implantação de sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris.

Aspectos relativos à silvicultura de diferentes espécies e clones, manejo e qualidade da madeira já foram investigados para espaçamentos convencionais, como 3 x 2m. No entanto, na ótica de alternativas de cultivo florestal como sistema silvipastoril e agrossilvipastoril, em que empregam-se espaçamentos mais amplos, é preciso analisar estes fatores, desde a dinâmica inicial de crescimento do povoamento em diferentes arranjos, até estudos sobre clones locais adaptados, manejo e qualidade do produto final.

O objetivo deste trabalho foi avaliar e caracterizar o comportamento silvicultural e produtivo de *Eucalyptus*, sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril no cerrado de Minas Gerais, em quatro épocas, até 51 meses de idade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e caracterização da área de estudo

A área de estudo localiza-se na Fazenda Riacho, de propriedade da Companhia Mineira de Metais (CMM Agroflorestal), em área de cerrado, no noroeste de Minas Gerais, município de Paracatu, situada a 17°36' de latitude Sul e 46°42' de longitude Oeste, com altitude de 550 metros.

O clima da região é tropical úmido de savana, tipo Aw, com inverno seco e verão chuvoso, conforme a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 22,6°C, tendo uma média mensal de 18°C na estação mais fria e 29,1°C na mais quente. A precipitação média anual é de 1.450mm, concentrada, principalmente, nos meses de novembro a fevereiro, apresentando precipitações médias mensais inferiores a 60mm, nos meses mais secos (Antunes, 1986; Brasil, 1992). As variações climáticas ocorridas durante o período de condução do experimento são apresentadas nas Figuras 1A a 5A (anexos).

A vegetação natural é constituída por cerrados, representada por seus vários tipos, desde campos a cerradões e florestas ciliares subperenifólias, principalmente nas proximidades dos rios, desenvolvidas sobre solos derivados de basalto (Golfari, 1975). O solo predominante na área é do tipo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico.

2.2 Implantação e descrição do experimento

O experimento foi instalado em dezembro de 1999, sob a forma de um sistema agrossilvipastoril seqüencial, implantado em área de cerrado natural e constituído pelo plantio de mudas clonais de um híbrido natural de *Eucalyptus*

camaldulensis Dehnh com *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, selecionado para produção de madeira para serraria.

O sistema foi disposto em uma área plana. O preparo e a correção do solo consistiu de uma aração profunda e duas gradagens niveladoras e aplicação de 2,5 t/ha de calcário zinal MMA (85% PRNT).

Utilizando-se grade tipo “bedding”, foram levantados camalhões com altura aproximada de 40 cm, onde foi plantado o eucalipto.

A dinâmica de implantação e manejo do sistema agrossilvipastoril foi descrita por Macedo et al. (2000). No ano zero, marco inicial das atividades, promoveu-se a abertura do cerrado. Ainda neste ano, nas entrelinhas de eucalipto, foram plantadas variedades de arroz (*Oriza sativa*) (Figura 1). No ano um, as entrelinhas de eucalipto foram preparadas e cultivadas com soja (*Glycine max* (L.) Merrill) (Figura 1). E no ano dois promoveu-se a formação de pastagem de *Brachiaria brizantha* (braquiária) no sub-bosque do eucalipto.

Tanto o plantio da cultura do arroz quanto da soja foi realizado respeitando-se 1 m de espaço livre, de cada lado da linha de plantio do eucalipto. A braquiária foi semeada à lanço em toda a área, ocupando a linha e a entrelinha de plantio, ou seja, na área total do sub-bosque do povoamento florestal.

Ao longo dos anos de plantio, após a instalação do experimento, foram realizados todos os tratos culturais e silviculturais necessários para cada cultura, respeitando-se as suas respectivas recomendações técnicas (Macedo & Oliveira, 1996).

2.2.1 Delineamento, tratamentos e parcelas experimentais

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com cinco repetições. Nas parcelas, estudou-se o efeito de 11 arranjos estruturais do sistema agrossilvipastoril: 3,33 x 2m,

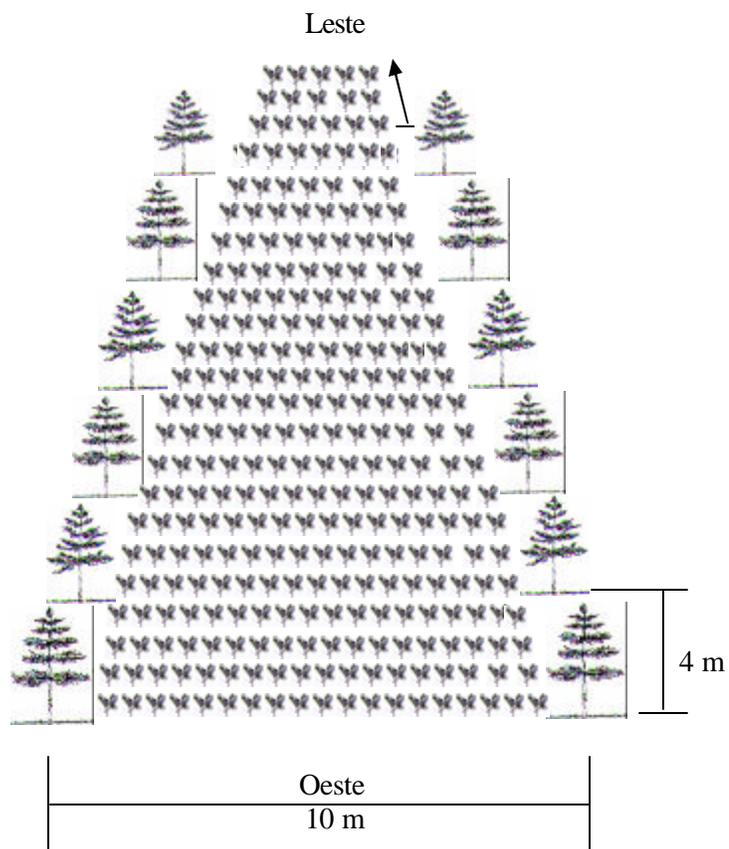


FIGURA 1 Representação esquemática do plantio de arroz ou soja () consorciada com eucalipto () em sistema agrossilvipastoril.

3,33 x 3m, 5 x 2m, 10 x 2m, 10 x 3m, 10 x 4m, (3 x 3)+7m, (3 x 3)+10m, (3 x 4)+10m, (3 x 3)+15m e (3 x 4)+7+10m. Os tratamentos das subparcelas corresponderam a quatro épocas de avaliação (18, 27, 38 e 51 meses após o plantio). A forma de plantio de cada arranjo estrutural está representada esquematicamente pela Figura 2. Para os arranjos mais adensados (3,33 x 2m, 3,33 x 3m e 5 x 2m) não houve consórcio com as culturas agrícolas e pastagem.

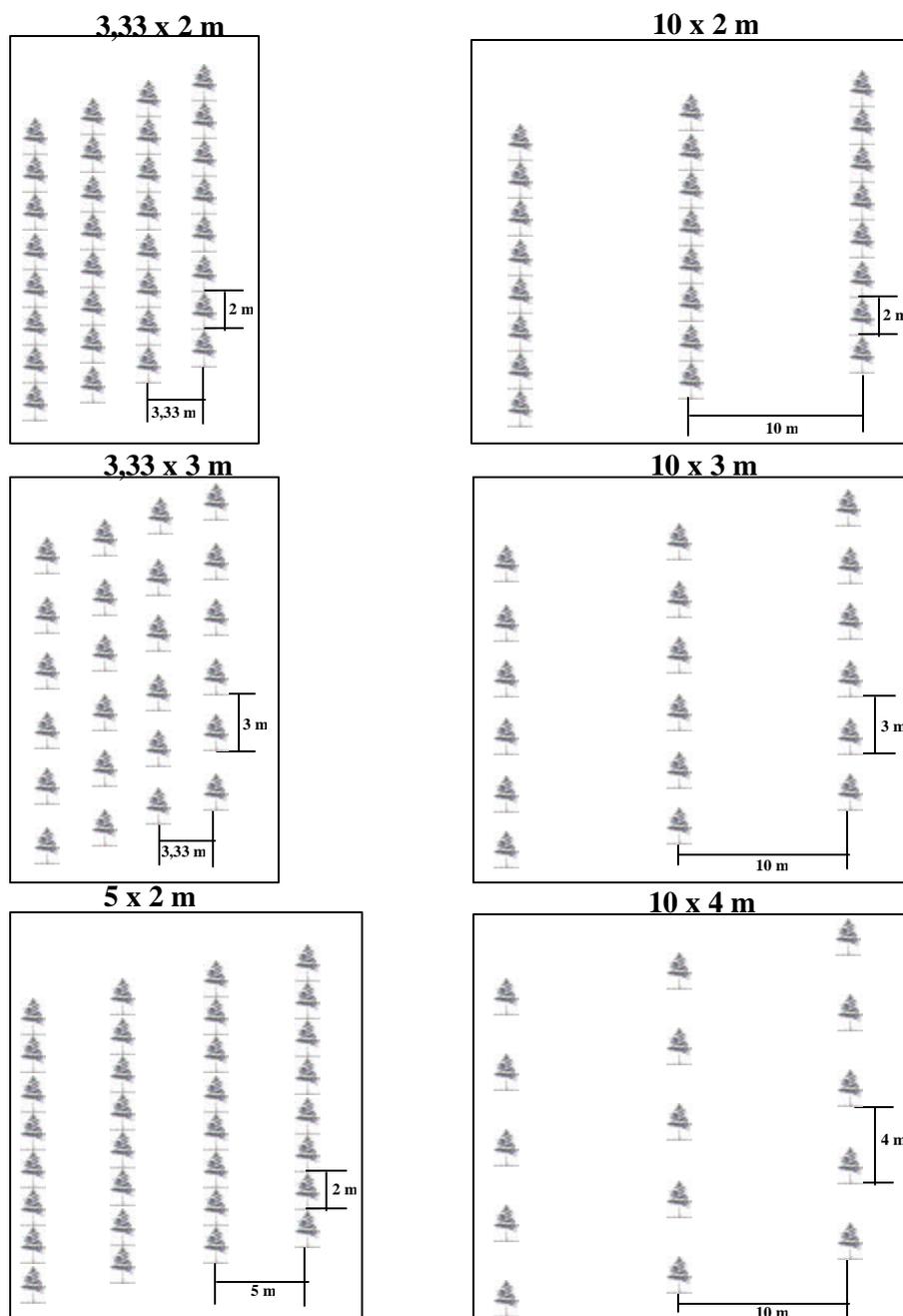


FIGURA 2 Representação esquemática dos arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com *Eucalyptus* spp. (...continua...).

FIGURA 2. Cont.

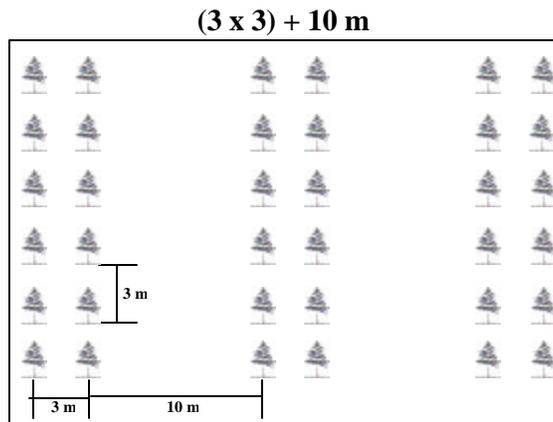
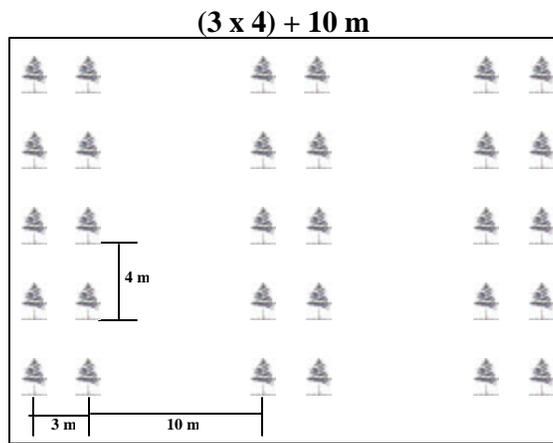
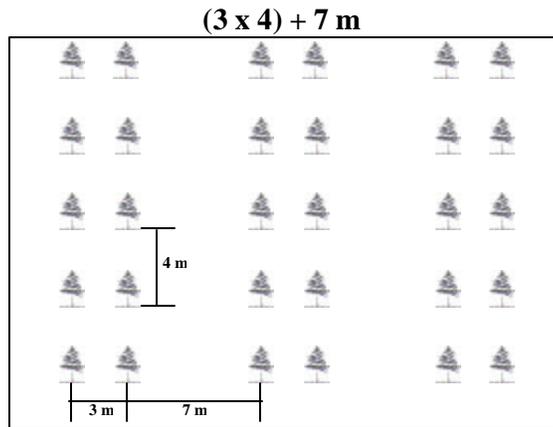
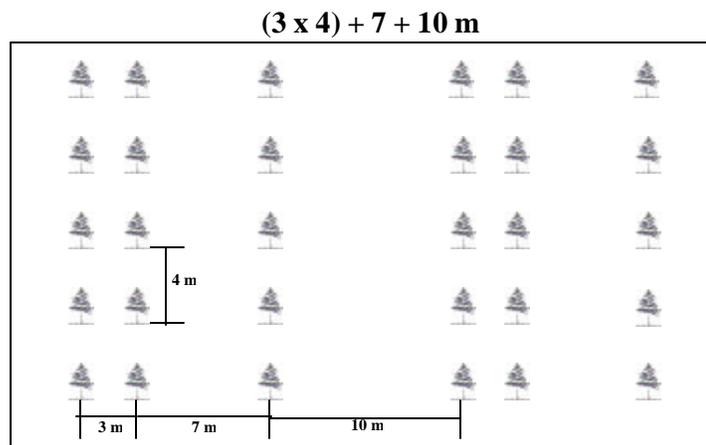
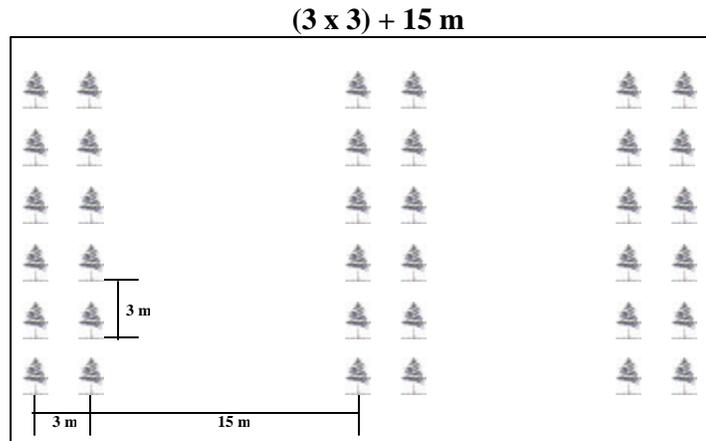


FIGURA 2. Cont.



As parcelas experimentais permanentes foram implantadas com uma planta em cada bordadura de cabeceira e duas linhas em cada bordadura lateral. O número de plantas e linhas avaliadas na parcela útil, a área útil por planta e o número de árvores por hectare são apresentados na Tabela 1.

O modelo estatístico que descreveu as observações do experimento sobre os diferentes arranjos estruturais, nas quatro épocas de avaliação, foi o que segue:

$$Y_{ijkl} = \mu + t_i + b_j + tb_{ij} + p_k + pb_{jk} + tp_{ik} + e_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} é o efeito dos arranjos estruturais i , no período de avaliação k , no bloco j ;

μ é uma constante;

t_i é o efeito dos arranjos estruturais i , $i = 1, 2, 3, \dots, 11$;

b_j é o efeito do bloco j , $j = 1, 2, 3, 4, 5$;

tb_{ij} é o erro (a), da interação dos arranjos estruturais i com os blocos j ;

p_k é o efeito dos períodos de avaliação k , $k = 1, 2, 3, 4$;

pb_{jk} é o erro (b), da interação dos períodos de avaliação k com os blocos j ;

tp_{ik} é o efeito da interação dos arranjos estruturais i com período de avaliação k ;

e_{ijkl} é o erro experimental (c).

2.3 Avaliações

Foram avaliadas, aos 18, 27, 38 e 51 meses após o plantio das mudas clonais de eucalipto, as variáveis diâmetro à altura do peito (DAP), altura total da planta (H) e, para as três últimas avaliações, a projeção de copa na linha (PCL) e na entrelinha (PCEL). Calculou-se a área basal por planta e por hectare, o volume por planta e por hectare e o incremento médio anual do volume por hectare. Somente para as três últimas épocas de avaliação foi possível calcular o

TABELA 1 – Descrição do número de árvores e linhas da parcela útil, área útil por planta e número de árvores por hectare para diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com *Eucalyptus* sp. em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos estruturais	Parcela útil	Área útil/planta	Nº de árv/ha
3,33 x 2 m	6 linhas de 10 plantas: 60 plantas avaliadas	6,66 m ²	1500
3,33 x 3 m	4 linhas de 10 plantas: 40 plantas avaliadas	9,99 m ²	1000
5 x 2 m	4 linhas de 10 plantas: 40 plantas avaliadas	10,00 m ²	1000
10 x 2 m	2 linhas de 10 plantas: 20 plantas avaliadas	20,00 m ²	500
10 x 3 m	3 linhas de 5 plantas: 15 plantas avaliadas	30,00 m ²	333
10 x 4 m	2 linhas de 5 plantas: 10 plantas avaliadas	40,00 m ²	250
(3x4)+7 m	4 linhas de 5 plantas: 20 plantas avaliadas	20,00 m ²	500
(3x3)+10 m	4 linhas de 7 plantas: 28 plantas avaliadas	19,50 m ²	512
(3x4)+10 m	4 linhas de 4 plantas: 16 plantas avaliadas	26,00 m ²	385
(3x3)+15 m	4 linhas de 5 plantas: 20 plantas avaliadas	27,00 m ²	370
(3x4)+7+10 m	6 linhas de 3 plantas: 18 plantas avaliadas	20/34/26m ² *	375

*Área útil/planta segundo a disposição diferenciada das linhas de plantio no arranjo (3x4)+7+10 m

incremento corrente anual do volume por hectare e a área de projeção de copa por planta e por hectare.

2.3.1 Diâmetro à altura do peito (DAP)

Foi medida a circunferência a altura do peito (1,30 m acima do nível do solo) de todas as árvores encontradas na área útil de cada parcela, com o auxílio de fita métrica. Calculou-se o DAP por árvore dividindo-se cada valor por π e, posteriormente, o DAP médio de cada parcela, em centímetros, para cada período de avaliação.

2.3.2 Altura de plantas (H)

A altura total das plantas foi determinada para todas as árvores encontradas na parcela útil, com auxílio de *Blume Leiss*, sendo obtida a média aritmética da altura de plantas, em metros, para cada arranjo, em cada época de avaliação.

2.3.3 Área basal por planta (G/plt) e por hectare (G/ha)

A área basal por planta dos indivíduos de cada parcela foi calculada por meio da expressão:

$$G / plt = \frac{? \cdot DAP^2}{40000}$$

Em que,

G/plt: área basal por planta em m²;

?: constante (3,141592654);

DAP: diâmetro à altura do peito (cm).

Para a obtenção da área basal por hectare, multiplicou-se a área basal por planta pelo número de árvores por hectare específico para cada arranjo estrutural avaliado.

2.3.4 Volume por planta (V/plt) e volume por hectare (V/ha)

Tomando-se os valores de H e DAP das árvores de cada parcela, foi obtido o volume de cada indivíduo da área útil das parcelas por meio da expressão:

$$V / plt = \frac{? \cdot DAP^2}{40000} \cdot H \cdot f$$

Em que,

V/plt: volume por planta (m^3);

DAP: diâmetro à altura do peito (cm);

H: altura das árvores (m);

?: fator de forma (0,40)¹

O volume por hectare foi obtido pela multiplicação do volume por planta pelo número de árvores por hectare específico para cada arranjo estrutural avaliado.

2.3.5 Incremento médio anual do volume por hectare

Expresso em metros cúbicos (m^3/ha), o incremento médio anual do volume por hectare foi calculado pela divisão do volume total por hectare pela idade atual do povoamento florestal, em anos, por ocasião de cada avaliação.

2.3.6 Incremento corrente anual do volume por hectare

O incremento corrente anual do volume por hectare, expresso em metros cúbicos (m^3/ha), foi calculado por meio da diferença de crescimento do volume por hectare, entre as avaliações aos 18 e 27 meses, 27 e 38 meses e 38 e 51 meses pós-plantio.

2.3.7 Projeção da copa na entrelinha (PCEL)

A projeção de copa na entrelinha corresponde ao raio da copa, em metros, projetado da base do fuste até a extremidade do ramo de maior comprimento disposto de forma perpendicular sobre a entrelinha de plantio.

¹ Fornecido pela empresa CMM Agroflorestal S.A.

2.3.8 Área de projeção da copa por planta e por hectare

Foram obtidas a projeção média da copa entre as plantas na linha (PCL) (ou seja, o diâmetro da copa na linha) e também o diâmetro ou a projeção da copa nas entrelinhas de plantio (PCEL). A partir destes valores foi calculada a área de projeção de copa por planta (APC/plt), por meio da expressão:

$$APC/plt = \frac{PCL^2}{(PCEL) \times (PCL) \times \pi}$$

Em que,

APC/plt: área de projeção de copa por planta, em m²/plt;

PCEL: projeção de copa na entrelinha (m);

PCL: projeção de copa na linha (m);

π : constante (3,141592654).

A área de projeção de copa por hectare, em m²/ha, resultou da multiplicação da área de projeção de copa por planta pelo número de árvores por hectare específico para cada arranjo estrutural avaliado.

2.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, para os efeitos significativos de tratamentos, aplicou-se às médias o teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade. As variáveis projeção de copa na entrelinha e área de projeção de copa por planta e por hectare não foram avaliadas nos arranjos 3,33 x 2m, 3,33 x 3m e 5 x 2m. Portanto, as análises de variância foram feitas com os oito arranjos estruturais restantes.

Foram aplicados modelos de regressão, no desdobramento de anos dentro de arranjos estruturais para as variáveis DAP e volume por hectare. Os modelos testados, segundo Scolforo (1997a,b) foram:

$$1 - Vol = B_0 + B_1 (Id)$$

$$2 - Vol = B_0 + B_1 (Id) + B_2 (Id)^2$$

$$3 - Ln(Vol) = B_0 + B_1 (1/Id)$$

$$4 - Vol = B_0 + B_1 Ln(Id)$$

$$5 - Ln(Vol) = B_0 + B_1 (1/Id) + B_2 (1/Id^2)$$

$$6 - Ln(Vol) = B_0 + B_1 (1/Id) + B_2 (1/Id^2) + B_3 (1/Id^3)$$

$$7 - Vol = Id^2 / (B_0 + B_1 (Id) + B_2 (Id^2))$$

$$8 - Vol = B_0 \cdot \exp(B_1 (Id))$$

$$9 - Vol = B_0 \cdot \exp(B_1 (Id))^{B_2}$$

$$10 - Vol = 1 / (B_0 + B_1 (1/Id))^{B_3}$$

Em que,

Vol: volume (m³);

Id: idade (em meses);

Ln: logarítimo neperiano;

exp: exponencial;

B₀, *B₁*, *B₂*, *B₃*: parâmetros da equação.

Para análise do diâmetro, utilizou-se o DAP no lugar de volume (*Vol*) nas equações acima. O modelo mais adequado para cada arranjo foi selecionado de acordo com a análise gráfica dos resíduos, o erro padrão da estimativa e o coeficiente de determinação. Foram utilizados para execução das análises, os programas estatísticos SISVAR, STATGRAPHICS Plus e EXCEL.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância dos dados referentes às características do eucalipto avaliadas em sistema agrossilvipastoril encontram-se nas Tabelas 1B, 2B e 3B (anexos). Verifica-se que houve diferença significativa da interação entre os arranjos estruturais e as épocas de avaliação para todas as variáveis analisadas.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados para as variáveis analisadas aos 18 meses após o plantio. Os menores valores em DAP foram observados para os arranjos 3,33 x 2m, (3x4)+7m, (3x3)+10m e (3x4)+10m.

A altura de plantas foi maior nos arranjos mais adensados (3,33 x 2m, 3,33 x 3m e 5 x 2m). Este resultado confirma as constatações de Patiño-Valera (1986), Bernardo (1995) e Assis et al. (1999), a respeito do maior crescimento inicial em altura das plantas em espaçamentos menores.

A área basal por planta, definida pelo diâmetro, apresentou o mesmo comportamento da variável DAP. Já a área basal/ha foi superior nos arranjos mais adensados, em função do número de árvores/ha ser maior nestes tratamentos.

Aos 18 meses após o plantio, os arranjos estruturais não influenciaram o desempenho produtivo das plantas individualmente, considerando que não houve diferença significativa no volume/planta (Tabela 2). Contudo, assim como para área basal/ha, o incremento médio anual em volume por hectare (IMAVol/ha) e o volume/ha foram influenciados pelo número de árvores, de maneira que para os arranjos mais adensados (3,33 x 2m, 3,33 x 3m e 5 x 2m) foram encontradas as maiores produtividades em volume, por volta de 16,71 a 18,75 m³/ha, comparada a um intervalo de 3,23 a 6,95 m³/ha para os demais

TABELA 2 – Diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (H), área basal por planta (G/plt), área basal por hectare (G/ha), volume por planta (Vol/plt), volume por hectare (Vol/ha) e incremento médio anual em volume por hectare (IMA Vol/ha) de *Eucalyptus* sp., com respectivas área útil por planta e número de árvores por hectare (N° árv/ha), em diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril, aos 18 meses de idade, em Paracatu, MG. UFPA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos estruturais	Área útil/planta (m ²)	N° árv/ha	DAP (cm)	H (m)	G/plt (m ² /plt)	G/ha (m ² /ha)	Vol/plt (m ³ /plt)	Vol/ha (m ³ /ha)	IMA Vol/ha (m ³ /ha)
3,33 x 2 m	6,67 m ²	1666	6,78 b	8,61 a	0,0036 b	5,43 a	0,0125	18,75 a	12,50 a
3,33 x 3 m	10,00 m ²	1000	7,87 a	8,70 a	0,0049 a	4,90 b	0,0172	17,22 a	11,48 a
5 x 2 m	10,00 m ²	1000	7,63 a	9,02 a	0,0046 a	4,60 b	0,0167	16,71 a	11,14 a
10 x 2 m	20,00 m ²	500	7,59 a	7,65 c	0,0045 a	2,27 c	0,0139	6,95 b	4,63 b
10 x 3 m	30,00 m ²	333	7,44 a	7,91 b	0,0043 a	1,45 d	0,0138	4,63 b	3,08 c
10 x 4 m	40,00 m ²	250	7,69 a	6,88 d	0,0047 a	1,17 d	0,0129	3,23 b	2,15 c
(3x4)+7 m	20,00 m ²	500	6,65 b	6,85 d	0,0034 b	1,75 d	0,0096	4,82 b	3,2 c
(3x3)+10 m	19,50 m ²	512	6,28 c	6,52 d	0,0031 b	1,6 d	0,0084	4,30 b	2,87 c
(3x4)+10 m	26,00 m ²	385	6,65 b	6,76 d	0,0035 b	1,34 d	0,0095	3,67 b	2,4 c
(3x3)+15 m	27,00 m ²	370	7,60 a	7,47 c	0,0046 a	1,68 d	0,0136	5,05 b	3,36 c
(3x4)+7+10 m	20(34/26)m ²	375	7,52 a	7,26 c	0,0044 a	1,67 d	0,0130	4,87 b	3,25 c

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (P<0,05).

tratamentos (Tabela 2). Botelho (1998) e Oliveira Neto et al. (2003) citam que ocorre maior produção por unidade de área nos espaçamentos mais reduzidos em função do maior número de indivíduos. Os arranjos mais adensados apresentaram os maiores incrementos, da ordem de 11,14 a 12,5 m³/ha ano.

Com relação aos resultados obtidos aos 27 meses após o plantio (Tabela 3), verificou-se o maior DAP nas plantas cultivadas no arranjo 10 x 4m, seguido do arranjo 10 x 3m. Os menores valores para DAP foram encontrados nos arranjos mais adensados, com valores intermediários para os demais arranjos, demonstrando a influência da área útil por planta no crescimento em diâmetro do eucalipto, em função do espaçamento, já por volta de dois anos de idade.

Estes resultados além de confirmarem a influência do espaçamento no crescimento em diâmetro, corroboram com os resultados de Bernardo (1995) e Oliveira Neto et al. (2003), os quais mostraram que esse efeito expressa-se logo na fase inicial de desenvolvimento das plantas.

A altura de plantas foi superior nos arranjos 3,33 x 2m e 5 x 2m, praticamente não havendo diferença entre os demais tratamentos para esta variável.

Os resultados de área basal por planta apresentaram-se semelhantes ao DAP, exceto pelo fato do arranjo 10 x 3m ser estatisticamente igual ao 10 x 4m, destacado-se com as maiores G/plt, em virtude do maior DAP.

A área basal por hectare foi superior nos arranjos 3,33 x 2m e 3,33 x 3m, seguidos do 5 x 2m, especialmente em consequência do maior número de árvores por unidade de área nestes tratamentos, o que reflete a maior densidade do povoamento.

Quanto ao volume por planta, tornou-se evidente, aos 27 meses, o efeito dos arranjos com maior área útil por planta, 10 x 4m, 10 x 3m, 10 x 2m, (3x3)+15m e (3x4)+7+10m, os quais apresentaram o melhor desempenho (Tabela 3).

TABELA 3 – Diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (H), área basal por planta (G/plt), área basal por hectare (G/ha), volume por planta (Vol/plt), volume por hectare (Vol/ha), incremento médio anual em volume por hectare (IMA Vol/ha) e incremento corrente anual por hectare (ICAVol/ha), de *Eucalyptus* sp., com respectivas área útil por planta e número de árvores por hectare (N° árv/ha), em diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril, aos 27 meses de idade, em Paracatu, MG. UFPA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos estruturais	Área útil/planta (m ²)	N° árv/ha	DAP (cm)	H (m)	G/plt (m ² /plt)	G/ha (m ² /ha)	Vol/plt (m ³ /plt)	Vol/ha (m ³ /ha)	IMA Vol/ha (m ³ /ha)	ICAVol/ha (m ³ /ha)
3,33 x 2 m	6,67 m ²	1666	8,94 g	12,17 b	0,0063 e	9,43 a	0,0306 c	45,92 a	20,41 a	27,16 a
3,33 x 3 m	10,00 m ²	1000	10,65 f	13,23 a	0,0089 d	8,93 b	0,0475 b	47,50 a	21,11 a	30,28 a
5 x 2 m	10,00 m ²	1000	10,34 f	13,22 a	0,0084 d	8,42 c	0,0446 b	44,65 a	19,84 a	27,94 a
10 x 2 m	20,00 m ²	500	11,89 d	12,27 b	0,0111 c	5,57 d	0,0548 a	27,38 b	12,17 b	20,42 b
10 x 3 m	30,00 m ²	333	13,16 b	12,12 b	0,0136 a	4,54 e	0,0663 a	22,07 b	9,81 c	17,44 b
10 x 4 m	40,00 m ²	250	13,62 a	12,06 b	0,0146 a	3,65 g	0,0705 a	17,64 c	7,84 d	14,41 c
(3x4)+7 m	20,00 m ²	500	11,08 e	12,17 b	0,0096 d	4,82 e	0,0471 b	23,53 b	10,46 c	18,71 b
(3x3)+10 m	19,50 m ²	512	11,01 e	12,11 b	0,0096 d	4,89 e	0,0463 b	23,72 b	10,54 c	19,42 b
(3x4)+10 m	26,00 m ²	385	11,78 d	10,23 c	0,0109 c	4,20 f	0,0447 b	17,22 c	7,65 d	13,55 c
(3x3)+15 m	27,00 m ²	370	12,68 c	11,97 b	0,0126 b	4,68 e	0,0607 a	22,46 b	9,98 c	17,42 b
(3x4)+7+10 m	20/34/26m ²	375	12,81 c	12,53 b	0,0129 b	4,84 e	0,0649 a	24,32 b	10,81 c	19,45 b

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (P<0,05).

Deve-se destacar que o comportamento das árvores com relação ao volume por planta, é definido em função do arranjo, considerando que, no plantio em linhas simples 10 x 2m, as plantas apresentaram maior volume que nas linhas duplas (3x4)+7m e (3x3)+10m, mesmo com cerca de 20m² de área útil por planta comum para estes tratamentos (Tabela 3).

Com relação ao volume por hectare, IMAVol/ha e ICAVol/ha, os maiores valores foram encontrados para os arranjos mais adensados. Mesmo sendo destes o pior desempenho em volume por planta, o efeito do número de plantas por unidade de área foi fundamental na determinação da produtividade em volume/ha, confirmando as conclusões de Pinkard & Neilsen (2003).

Pode-se verificar, pelos dados de ICAVol/ha (Tabela 3), que a floresta produziu de 27 a 30 m³/ha nos arranjos 3,33 x 2m, 3,33 x 3m e 5 x 2m, do primeiro para o segundo ano, enquanto que, para os demais tratamentos, variou de 13 a 20 m³/ha.

Ainda nas avaliações aos 27 meses pós-plantio, foram determinados os valores de projeção de copa na entrelinha (PCEL), área de projeção de copa por planta (APC/plt) e área de projeção de copa por hectare (APC/ha) (Tabela 4).

Considerando a possibilidade de introdução de culturas agrícolas ou pastagem em sistemas agrossilvipastoris com eucalipto, cultivado em espaçamentos mais amplos, verificou-se que, aos 27 meses pós-plantio, a PCEL, ou seja, quanto a copa da árvore cresce ou avança no sentido horizontal sobre a entrelinha, foi maior nos arranjos 10 x 2m, 10 x 3m e 10 x 4m.

A PCEL influencia na determinação da APC/plt, juntamente com a projeção de copa na linha. Assim, a APC/plt foi maior no arranjo 10 x 4m, seguido pelo arranjo 10 x 3m (16,67 e 14,94 m²/plt, respectivamente). A maior área útil e a forma de implantação destes arranjos em linhas simples permitiram o maior crescimento da copa. O menor valor de APC/plt foi para o 10 x 2m (7,75 m²/plt), que apresenta menor projeção de copa na linha.

TABELA 4 – Projeção de copa na entrelinha (PCEL) e área de projeção de copa por planta (APC/plt) e por hectare (APC/ha) de *Eucaliptus* sp., com respectivas área útil por planta e número de árvores por hectare, em diferentes espaçamentos, aos 27 meses de idade, em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos estruturais	Área útil/planta	Nº de árvores/ha	PCEL (m)	APC/plt (m²/plt)	APC/ha (m²/ha)
10 x 2 m	20,00 m ²	500	2,47 a	7,75 e	3876,17 d
10 x 3 m	30,00 m ²	333	2,47 a	14,94 b	4976,09 c
10 x 4 m	40,00 m ²	250	2,43 a	16,67 a	4167,80 d
(3x4)+7 m	20,00 m ²	500	2,15 c	13,23 c	6616,96 a
(3x3)+10 m	19,50 m ²	512	1,94 d	11,38 d	5827,50 b
(3x4)+10 m	26,00 m ²	385	2,02 d	13,02 c	5014,71 c
(3x3)+15 m	27,00 m ²	370	2,27 b	13,88 c	5135,70 c
(3x4)+7+10 m	20/34/26m ²	375	2,12 c	13,74 c	5151,61 c

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (P<0,05).

Quanto à APC/ha, referente à área coberta pelas copas em 1 ha, o arranjo (3x4)+7m foi estatisticamente superior aos demais tratamentos. Contudo, verificou-se que a cobertura média, independente do arranjo, foi ao redor de 5000 m², o que indica 50% de área a pleno sol em 1 ha e a possibilidade de introdução de culturas agrícolas intercalares até os 27 meses sem limitação por sombreamento, exceto para o (3x4)+7m (APC/ha=6616,96m²/ha) (Tabela 4).

Quanto aos resultados encontrados aos 38 meses após o plantio (Tabela 5), constata-se que o DAP foi superior nos arranjos em que havia maior área útil por planta. Ao redor dos três anos de idade, estabeleceu-se um gradiente para o crescimento em diâmetro segundo o espaço disponível, nesta ordem: 10 x 4m (40m²); 10 x 3m (30m²); (3x4)+7+10m (?26,7m²); (3x3)+15m (27m²); (3x4)+10m (26m²); 10 x 2m, (3x4)+7m e (3x3)+10m (arranjos com área útil em torno de 20m²); 3,33 x 3m e 5 x 2m (área útil comum de 10m²) e 3,33 x 2m (6,7m²).

TABELA 5 – Diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (H), área basal por planta (G/plt), área basal por hectare (G/ha), volume por planta (Vol/plt), volume por hectare (Vol/ha), incremento médio anual em volume por hectare (IMA Vol/ha) e incremento corrente anual por hectare (ICA Vol/ha) de *Eucalyptus sp.*, com respectivas área útil por planta e número de árvores por hectare (N° ár/ha), em diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril, aos 38 meses de idade, em Paracatu, MG. UFPA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos estruturais	Área útil/planta (m ²)	N° ár/ha	DAP (cm)	H (m)	G/plt (m ² /plt)	G/ha (m ² /ha)	Vol/plt (m ³ /plt)	Vol/ha (m ³ /ha)	IMA Vol/ha (m ³ /ha)	ICA Vol/ha (m ³ /ha)
3,33 x 2 m	6,67 m ²	1666	10,46 h	15,72 a	0,0086 g	12,89 a	0,0540 f	81,05 a	25,57 a	35,13 a
3,33 x 3 m	10,00 m ²	1000	12,14 g	15,43 a	0,0116 f	11,60 b	0,0718 e	71,85 b	22,66 b	24,34 b
5 x 2 m	10,00 m ²	1000	11,90 g	15,53 a	0,0111 f	11,14 b	0,0693 e	69,31 b	21,86 b	24,66 b
10 x 2 m	20,00 m ²	500	14,19 e	14,72 b	0,0158 d	7,92 c	0,0934 c	46,68 c	14,73 c	19,30 c
10 x 3 m	30,00 m ²	333	16,19 b	15,14 a	0,0206 b	6,86 e	0,1250 a	41,61 d	13,12 d	19,54 c
10 x 4 m	40,00 m ²	250	17,18 a	14,34 c	0,0232 a	5,80 f	0,1333 a	33,34 e	10,52 e	15,69 c
(3x4)+7 m	20,00 m ²	500	13,93 e	13,88 c	0,0152 e	7,63 c	0,0847 d	42,37 d	13,36 d	18,84 c
(3x3)+10 m	19,50 m ²	512	13,43 f	13,63 c	0,0142 e	7,27 d	0,0776 d	39,75 d	12,54 d	16,03 c
(3x4)+10 m	26,00 m ²	385	14,53 d	13,86 c	0,0166 d	6,39 e	0,0922 c	35,52 e	11,20 e	15,89 c
3x3)+15 m	27,00 m ²	370	15,69 c	14,75 b	0,0193 c	7,16 d	0,1144 b	42,34 d	13,35 d	19,87 c
(3x4)+7+10 m	20(34/26m ²)	375	16,23 b	15,21 a	0,0207 b	7,77 c	0,1264 a	47,42 c	14,96 c	23,10 b

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (P<0,05).

O comportamento das plantas quanto à altura não reflete o crescimento em diâmetro. Para altura, aos três anos de idade, os melhores arranjos foram os mais adensados, seguidos do 10 x 3m e (3x4)+7+10m. Bernardo (1995) cita que, de modo geral, os resultados de pesquisa mostram que o crescimento em diâmetro é uma característica altamente responsiva aos espaçamentos. Contudo, existe certa controvérsia quanto aos reflexos sobre a altura das árvores na fase jovem do crescimento, havendo casos em que ocorre aumento da altura em espaçamentos maiores e outros em que o resultado é o oposto.

As variáveis G/plt e vol/plt, sendo altamente influenciadas pelo DAP, foram maiores nos arranjos 10 x 4m, 10 x 3m, (3x3)+15m e (3x4)+7+10m, dos quais a maior área útil por planta imprimiu maiores valores para esta variável, aos três anos.

Estes resultados estão de acordo com Pinkard & Neilsen (2003), que encontraram maior volume por árvore devido ao maior DAP, em povoamento com 500 árvores de *Eucalyptus nitens* por hectare, comparado a densidades de até 1667 árvores por hectare.

Assim como nas avaliações anteriores, a G/ha e o Vol/ha foram superiores nos mais adensados, de acordo com o maior número de árvores/ha.

Em função dos resultados de Vol/ha, os maiores IMAVol/ha (21-25m³/ha) e ICAVol/ha (24-35m³/ha), a pouco mais de três anos de idade, também foram superiores nos arranjos mais adensados (Tabela 5).

Com relação à PCEL, o crescimento do raio da copa sobre a entrelinha de plantio, aos três anos, foi mais influenciado pela área útil disponível do que pelo arranjo. Os tratamentos 10 x 4m, 10 x 3m, (3x4)+7+10m e (3x3)+15m apresentaram PCEL de 3,0m, enquanto nos demais arranjos, com área útil comum ao redor de 20m², a PCEL não foi maior que 2,82m (Tabela 6).

A copa das árvores nos espaçamentos mais amplos é mais bem distribuída ao longo do tronco em razão da desrama dos galhos inferiores ser

TABELA 6 – Projeção de copa na entrelinha (PCEL) e área de projeção de copa por planta (APC/plt) e por hectare (APC/ha), de *Eucaliptus* sp., com respectivas área útil por planta e número de árvores por hectare, em diferentes espaçamentos, aos 38 meses de idade, em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos Estruturais	Área útil/planta	Nº de árvores/ha	PCEL (m)	APC/plt (m²/plt)	APC/ha (m²/ha)
10 x 2 m	20,00 m ²	500	2,68 c	8,42 e	4210,13 e
10 x 3 m	30,00 m ²	333	3,00 a	14,32 c	4770,70 d
10 x 4 m	40,00 m ²	250	3,01 a	18,92 a	4730,92 d
(3x4)+7 m	20,00 m ²	500	2,81 b	13,55 c	6775,17 a
(3x3)+10 m	19,50 m ²	512	2,70 c	9,90 d	5070,55 c
(3x4)+10 m	26,00 m ²	385	2,82 b	13,57 c	5226,61 c
(3x3)+15 m	27,00 m ²	370	3,06 a	10,74 d	3975,89 e
(3x4)+7+10 m	20/34/26m ²	375	3,02 a	15,75 b	5905,32 b

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo, teste de Scott & Knott (P<0,05).

mais tardia. Este retardamento deve ser um reflexo da arquitetura da copa e do não fechamento do dossel, o que permite maior exposição das folhas da base da copa a uma quantidade de radiação superior àquela correspondente a seu ponto de compensação luminoso. Com isso, nessas folhas, existirá um balanço positivo de fotoassimilados por mais tempo (Leite, 1996).

Pela Tabela 6 pode-se observar ainda os valores de APC/plt e APC/ha, que demonstram a influência do arranjo sobre o crescimento. A APC/plt e APC/ha foram menores no 10 x 2m. A APC/ha foi maior para o arranjo (3x4)+7m. Embora compartilhando o mesmo número de 500 árvores por hectare que o 10 x 2m, o arranjo em linha dupla (3x4)+7m proporcionou maior cobertura de área pelas copas das árvores.

Deve-se destacar que a APC/ha do (3x3)+15m não diferiu significativamente do 10 x 2m, por volta de 40% de cobertura de solo pelas

copas das árvores. Isto implica em espaço disponível, com ausência de sombreamento total, sendo uma característica positiva deste arranjo na possibilidade de consórcio com outras culturas na entrelinha até o terceiro ano. Ceccon et al. (1999) indicaram a viabilidade técnica do consórcio de feijão com *Eucalyptus camaldulensis* com até três anos de idade. Entretanto, considera-se que outros fatores como disponibilidade de nutrientes, água e manejo também determinam esta alternativa de cultivo.

Na Tabela 7 observam-se as características avaliadas aos 51 meses de idade. Constatou-se novamente a influência da área útil por planta, expressa pelos diferentes arranjos, no crescimento em diâmetro. As árvores alcançaram maiores valores, mais de 20cm de DAP, nos arranjos 10 x 4m, seguido do 10 x 3m, acentuando-se mais o gradiente de aumento do crescimento em diâmetro conforme o aumento da área útil por planta, em função do arranjo estrutural. Comportamento semelhante foi verificado por Leite et al. (1997), avaliando diferentes densidades populacionais de eucalipto, de 500 a 5.000 plantas por hectare.

O menor valor encontrado para DAP aos 27 meses (em plantas do arranjo 3,33 x 2m) (Tabela 3) equivaleu a 65,6% do DAP médio de plantas no arranjo 10 x 4m, que apresentaram o maior valor. Esta porcentagem caiu para 60,9% aos 38 meses (Tabela 5) e apenas 57% aos 51 meses (Tabela 7). Isto mostra que a taxa de crescimento em DAP diminui ao longo do tempo, nos espaçamentos reduzidos. Resultado semelhante foi verificado por Leite et al. (1997).

As maiores alturas foram do 10 x 3m, (3x3)+15m e (3x4)+7+10m, nos quais as árvores atingiram mais de 22,0m de altura total aos quatro anos. Apesar da maior altura nos espaçamentos mais densos até três anos (Tabelas 2, 3 e 5),

TABELA 7 – Diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (H), área basal por planta (G/plt), área basal por hectare (G/ha), volume por planta (Vol/plt), volume por hectare (Vol/ha), incremento médio anual em volume por hectare (IMA Vol/ha) e incremento corrente anual por hectare (ICA Vol/ha) de *Eucalyptus* sp., com respectivas área útil por planta e número de árvores por hectare (N° árv/ha), em diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril, aos 51 meses de idade, em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos estruturais	Área útil/planta (m ²)	N° árv/ha	DAP (cm)	H (m)	G/plt (m ² /plt)	G/ha (m ² /ha)	Vol/plt (m ³ /plt)	Vol/ha (m ³ /ha)	IMA Vol/ha (m ³ /ha)	ICA Vol/ha (m ³ /ha)
3,33 x 2 m	6,67 m ²	1666	11,83 k	19,27 d	0,0110 j	16,48 a	0,0847 h	127,17 a	29,92 a	46,12 c
3,33 x 3 m	10,00 m ²	1000	14,00 i	20,59 c	0,0154 l	15,41 b	0,1271 g	127,16 a	29,92 a	55,51 a
5 x 2 m	10,00 m ²	1000	13,58 j	20,93 c	0,0145 i	14,52 c	0,1218 g	121,82 a	28,66 b	52,51 a
10 x 2 m	20,00 m ²	500	16,95 f	21,45 b	0,0226 f	11,30 d	0,1946 d	97,34 b	22,90 c	50,65 b
10 x 3 m	30,00 m ²	333	20,20 b	22,44 a	0,0321 b	10,69 e	0,2875 a	95,76 b	22,53 c	54,15 a
10 x 4 m	40,00 m ²	250	20,74 a	21,45 b	0,0338 a	8,46 h	0,2913 a	72,84 e	17,14 f	39,50 d
3x4)+7 m	20,00 m ²	500	16,50 g	21,35 b	0,0214 g	10,69 e	0,1827 e	91,35 c	21,49 d	48,98 b
3x3)+10 m	19,50 m ²	512	15,99 h	20,29 c	0,0201 h	10,30 f	0,1638 f	83,87 d	19,73 e	44,12 c
3x4)+10 m	26,00 m ²	385	17,47 e	20,48 c	0,0239 e	9,23 g	0,1969 d	75,82 e	17,84 f	40,30 d
3x3)+15 m	27,00 m ²	370	18,77 d	22,06 a	0,0277 d	10,24 f	0,2444 c	90,43 c	21,28 d	48,09 b
3x4)+7+10 m	20/34/26m ²	375	19,19 c	22,54 a	0,0289 c	10,86 e	0,2618 b	98,18 b	23,10 c	50,76 b

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (P=0,05).

Bernardo (1995) cita que a diminuição da altura média das árvores com o passar do tempo, à medida que se diminui o espaçamento, ocorre em razão do aumento do número de árvores dominadas.

Pode-se inferir, ainda, que a maior altura nos espaçamentos mais amplos aos quatro anos deva-se ao efeito da competição por água e nutrientes nos arranjos com menor área útil, com conseqüente diminuição da taxa de crescimento. Leite et al. (1997) constataram que, em períodos com menos água disponível no solo, houve maior restrição ao crescimento onde as plantas estavam mais adensadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Leles et al. (1998), para *E. camaldulensis* aos 52 meses de idade, em espaçamentos variando de 3 x 1m a 9 x 9m.

Silva (1999) citou que as relações hídricas para *E. grandis* demonstraram que plantas estabelecidas nos espaçamentos mais amplos apresentaram um melhor status hídrico e o consórcio, nestas condições, não prejudica a espécie arbórea devido aos sistemas radiculares das plantas do consórcio estarem explorando horizontes diferentes do solo.

Os valores encontrados para altura de plantas variaram de 19,27m a 22,44m. Entretanto, o DAP foi definitivo na expressão das variáveis G/plt e Vol/plt, em virtude da diferenciação estatística bastante semelhante entre os mesmos arranjos para estas três variáveis. As maiores G/plt e Vol/plt foram dos arranjos 10 x 4m e 10 x 3m.

Enquanto a produtividade individual por árvore foi superior nos arranjos com espaçamentos mais amplos, a maior produtividade por hectare, tanto para área basal quanto para volume, ocorreu nos arranjos com maior número de árvores.

Os maiores valores para área basal variaram de 14,52m²/ha a 16,48m²/ha e para volume de 121,82m³/ha a 127,17m³/ha nos 3,33 x 2m, 3,33 x 3m e 5 x 2m (Tabela 7).

O maior crescimento e produtividade individual, observados em plantas com maior área útil, não compensaram a produção obtida pelo maior número de árvores nos arranjos com espaçamentos menores, até os quatro anos de idade.

A exceção do (3x4)+10m, vale ressaltar que os demais arranjos apresentaram, aos quatro anos, resultados superiores, com diferença significativa para Vol/ha em relação ao 10 x 4m, que é o espaçamento padrão utilizado na maioria dos sistemas agrossilvipastoris implantados na região de cerrado. Contudo, em virtude da idade relativamente jovem do povoamento, este fato pode não indicar a mesma tendência de comportamento em idades mais avançadas, considerando-se especialmente a quantidade de recursos disponíveis na maior área útil para as plantas cultivadas nos arranjos mais amplos.

A produtividade aos quatro anos foi de 72,84m³/ha no 10 x 4m e acima de 90m³/ha no 10 x 2m, 10 x 3m, (3x4)+7m, (3x3)+15m e (3x4)+7+10m. Pode-se prever que, no crescimento do povoamento florestal em cada arranjo, irão prevalecer e sobressair aqueles com maior área útil, com grande possibilidade de ainda existir efeito do arranjo sobre o desempenho silvicultural das árvores e do sistema como um todo.

Arranjos que agregam maior área útil e espaçamentos mais amplos nas entrelinhas, com razoável número de árvores por hectare, de acordo com a finalidade de produzir madeira para serraria, assim como propriamente o 10 x 4m, 10 x 3m e (3x3)+15m, apresentam ainda a vantagem de permitir consórcio com culturas agrícolas por maior período, contando com menores limitações em termos de competição por espaço, luz, água e nutrientes.

A média de produção anual em volume de madeira em quatro anos foi superior a 28 m³/ha ano nos arranjos mais adensados, expressos pelo IMAVol/ha (Tabela 7). Esta produtividade confirma o que foi relatado por Novais et al. (1996), que citam a fácil obtenção de 25 a 30 m³ de madeira/ha ano, por meio de

correção e fertilização adequada nos solos de cerrado, associada à utilização de espécies/genótipos adaptados ao local.

Aos 51 meses, destacou-se com maior crescimento e acúmulo de madeira do terceiro para o quarto ano o arranjo 3,33 x 3m, que foi significativamente igual a 10 x 3m e 5 x 2m (ICAVol/ha médio para estes três arranjos de 54m³/ha). Estes tratamentos, juntamente com o 10 x 2m, (3x4)+7m, (3x3)+15m e (3x4)+7+10m, foram estatisticamente superiores ao 3,33 x 2m, que apresentou os maiores ICAVol/ha nas avaliações anteriores (Tabelas 3 e 5). Com relação à produção de madeira, isto indica superação do fator densidade de plantio nos espaçamentos mais amplos em relação aos mais densos com o passar do tempo, ou seja, apesar do maior número de árvores/ha no 3,33 x 2m, tal fato sugere uma compensação por meio do maior acúmulo de madeira nos demais tratamentos, do terceiro para o quarto ano de idade.

O máximo ICA, segundo Botelho (1998), ocorre mais cedo em povoamentos menos espaçados, apresentando altos valores na fase inicial e um decréscimo acentuado após o máximo ICA. Enquanto o ICAVol/ha para o 3,33 x 2m foi de 35,13 para 46,12 m³/ha do terceiro para o quarto ano, todos os demais arranjos produziram, no quarto ano, mais que o dobro de madeira do ano anterior (Tabelas 5 e 7). Este resultado denota a ocorrência de competição precoce em espaçamentos menores.

O equilíbrio produtivo entre os povoamentos florestais em diferentes arranjos, com o passar do tempo, indica a possibilidade dos arranjos com espaços maiores entre plantas e entrelinhas superarem o volume de madeira por hectare de plantios mais adensados, com a vantagem da utilização da madeira para finalidades economicamente mais atrativas, haja vista as dimensões diferenciadas do fuste e da árvore em arranjos mais amplos, alcançando neste estudo, mais de 20cm de DAP aos quatro anos (Tabela 7).

Analisando-se o crescimento da copa nos diferentes arranjos aos 51 meses (Tabela 8), verifica-se que a PCEL foi maior no (3x3)+15m, (3x4)+7+10m e 10 x 4m, dos quais as copas projetaram seus ramos além dos 3,0m sobre a entrelinha.

O menor valor de PCEL (2,48m) foi do arranjo (3x4)+7m. Além disso, também é deste arranjo a menor entrelinha (7,0m). Assim, considerando a PCEL de 2,48m para determinada linha mais a PCEL de 2,48m da linha adjacente, tem-se quase 5,0m de cobertura de copa sobre a entrelinha de plantio de 7,0m, podendo prejudicar cultivos intercalares neste arranjo, no quarto ano de idade.

Os arranjos com maior PCEL, todavia, possuem largura na entrelinha de 10 a 15m, espaço suficiente para a introdução de cultivos consorciados, especialmente gramíneas tolerantes ao sombreamento, para a formação de sistemas silvipastoris.

TABELA 8 – Projeção de copa na entrelinha (PCEL) e área de projeção de copa por planta (APC/plt) e por hectare (APC/ha), de *Eucaliptus* sp., com respectivas área útil por planta e número de árvores por hectare, em diferentes espaçamentos, aos 51 meses de idade, em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos estruturais	Área útil/planta	Nº árvores/ha	PCEL (m)	APC/plt (m²/plt)	APC/ha (m²/ha)
10 x 2 m	20,00 m ²	500	2,89 c	9,09 f	4544,08 c
10 x 3 m	30,00 m ²	333	2,99 b	14,12 c	4700,87 c
10 x 4 m	40,00 m ²	250	3,25 a	20,40 a	5100,22 b
(3x4)+7 m	20,00 m ²	500	2,48 e	12,33 d	6166,79 a
(3x3)+10 m	19,50 m ²	512	2,62 d	9,68 f	4957,24 b
(3x4)+10 m	26,00 m ²	385	2,84 c	13,58 c	5228,72 b
(3x3)+15 m	27,00 m ²	370	3,34 a	11,40 e	4215,92 d
(3x4)+7+10 m	20/34/26m ²	375	3,22 a	16,62 b	6233,53 a

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (P<0,05).

A maior APC/plt foi encontrada no 10 x 4m (Tabela 8), seguido do (3x4)+7+10m, enquanto o (3x3)+15m apresentou-se com uma das menores APC/plt, possivelmente devido à menor distância entre as plantas na linha de plantio.

Para APC/ha, constatou-se que a maior área cobertura pelas copas foi no (3x4)+7m e (3x4)+7+10m, acima de 6000m². Destaca-se a menor APC/ha do (3x3)+15m, em torno de 4200m², o que sugere, à semelhança do terceiro ano de idade, a quantidade de área a pleno sol, evidentemente na entrelinha, passível de introdução de culturas ou pastagem, sem prejuízo por excesso de sombreamento.

Para o desdobramento de épocas de avaliação dentro de cada arranjo, os modelos de regressão ajustados para diâmetro (Figuras 3 e 4) indicam uma linha de tendência que sugere a existência de um ponto máximo de crescimento e, por conseguinte, a estagnação deste com o passar do tempo. A ocorrência deste evento varia com o arranjo estrutural estudado.

Os modelos de regressão, ajustados para volume de madeira produzido dos 18 até 51 meses (Figuras 5 e 6) mostraram que, para todos os arranjos, o crescimento da floresta em volume por hectare ocorreu de maneira exponencial. Este resultado corresponde ao padrão comportamental de crescimento das espécies florestais nos primeiros anos após o estabelecimento. Kramer & Kozlowski (1960) citaram que as árvores crescem rapidamente durante sua juventude e mais lentamente à medida que ficam mais velhas. A exceção do 3,33 x 2m, todos os demais modelos foram semelhantes ao ajustado por Dubé (1999), para o arranjo 10 x 4m.

A tendência das curvas nos modelos ajustados sugere manutenção da taxa de produção em volume de madeira por hectare. Este comportamento mostra que, até 51 meses de idade, o híbrido de *E. camaldulensis* e *E. urophylla* respondeu positivamente às condições ecológicas da área estudada.

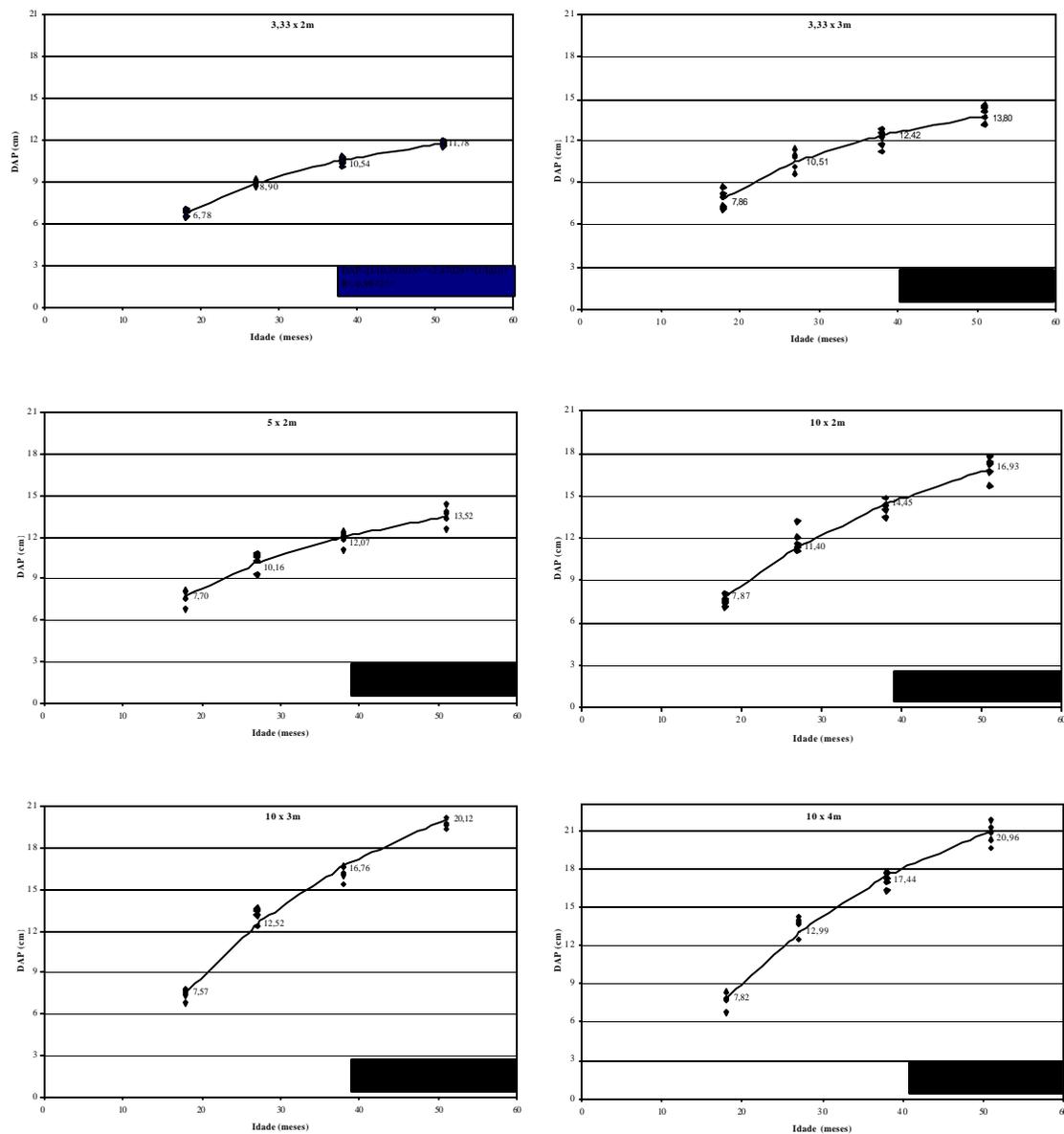


FIGURA 3. Modelos de regressão para diâmetro à altura do peito (DAP), de 18 a 51 meses após o plantio, estimados para os arranjos estruturais 3,33 x 2m, 3,33 x 3m, 5 x 2m, 10 x 2m, 10 x 3m e 10 x 4m, de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

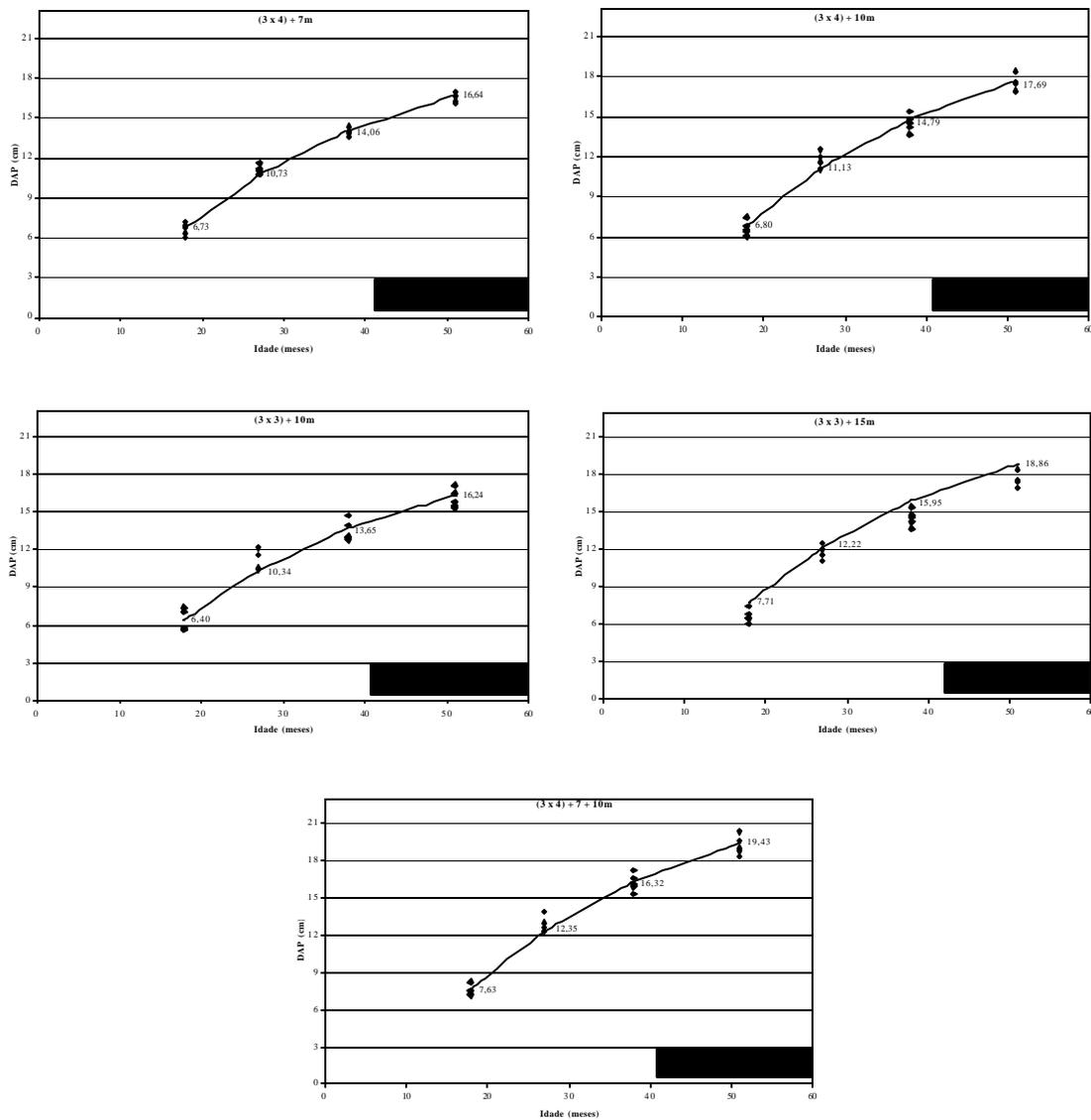


FIGURA 4. Modelos de regressão para diâmetro à altura do peito (DAP), de 18 a 51 meses após o plantio, estimados para os arranjos estruturais (3x4)+7m, (3x4)+10m, (3x3)+10m, (3x3)+15m e (3x4)+7+10m, de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

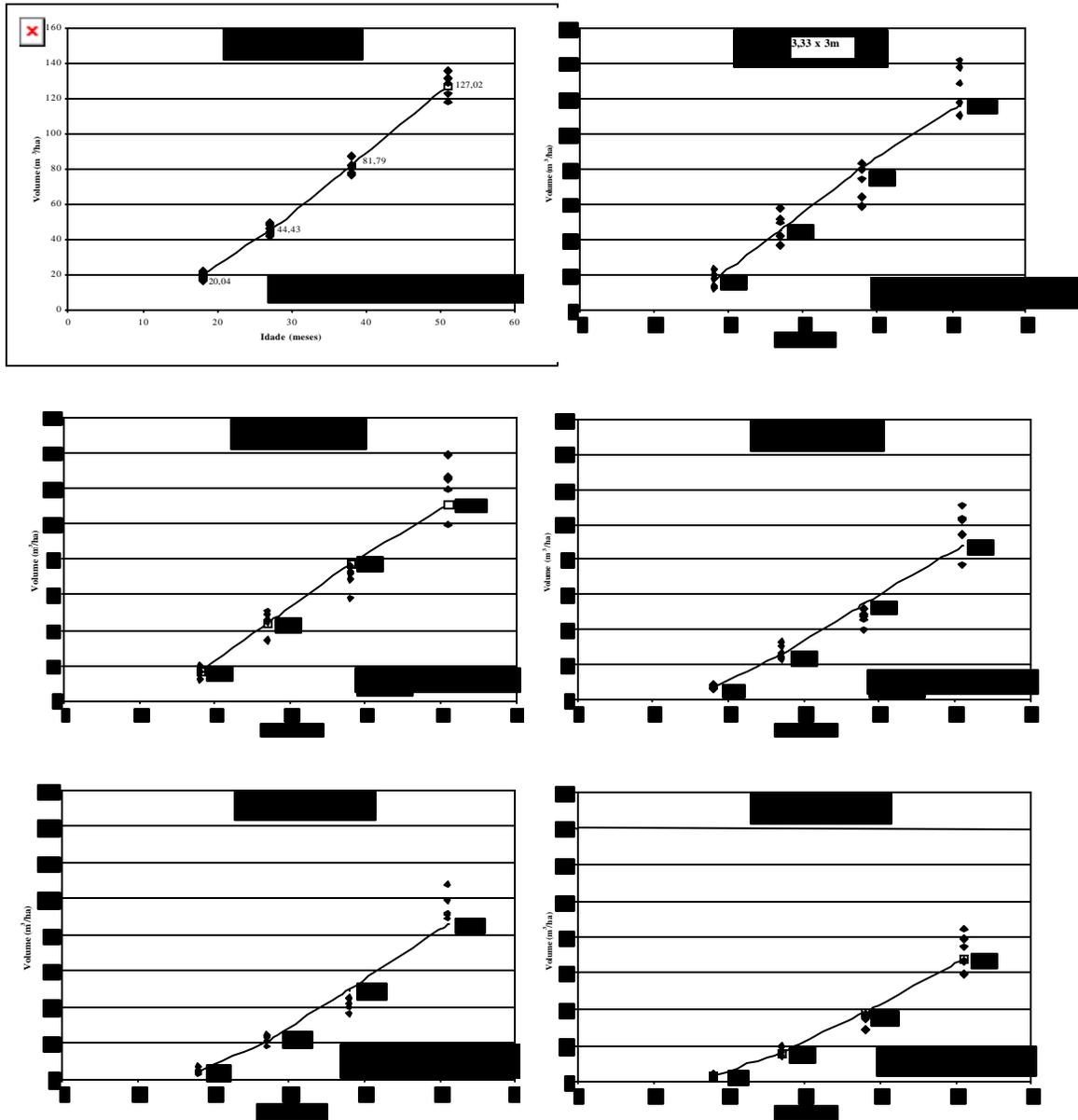


FIGURA 5. Modelos de regressão para volume de madeira por hectare, de 18 a 51 meses após o plantio, estimados para os arranjos estruturais 3,33 x 2m, 3,33 x 3m, 5 x 2m, 10 x 2m, 10 x 3m e 10 x 4m, de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

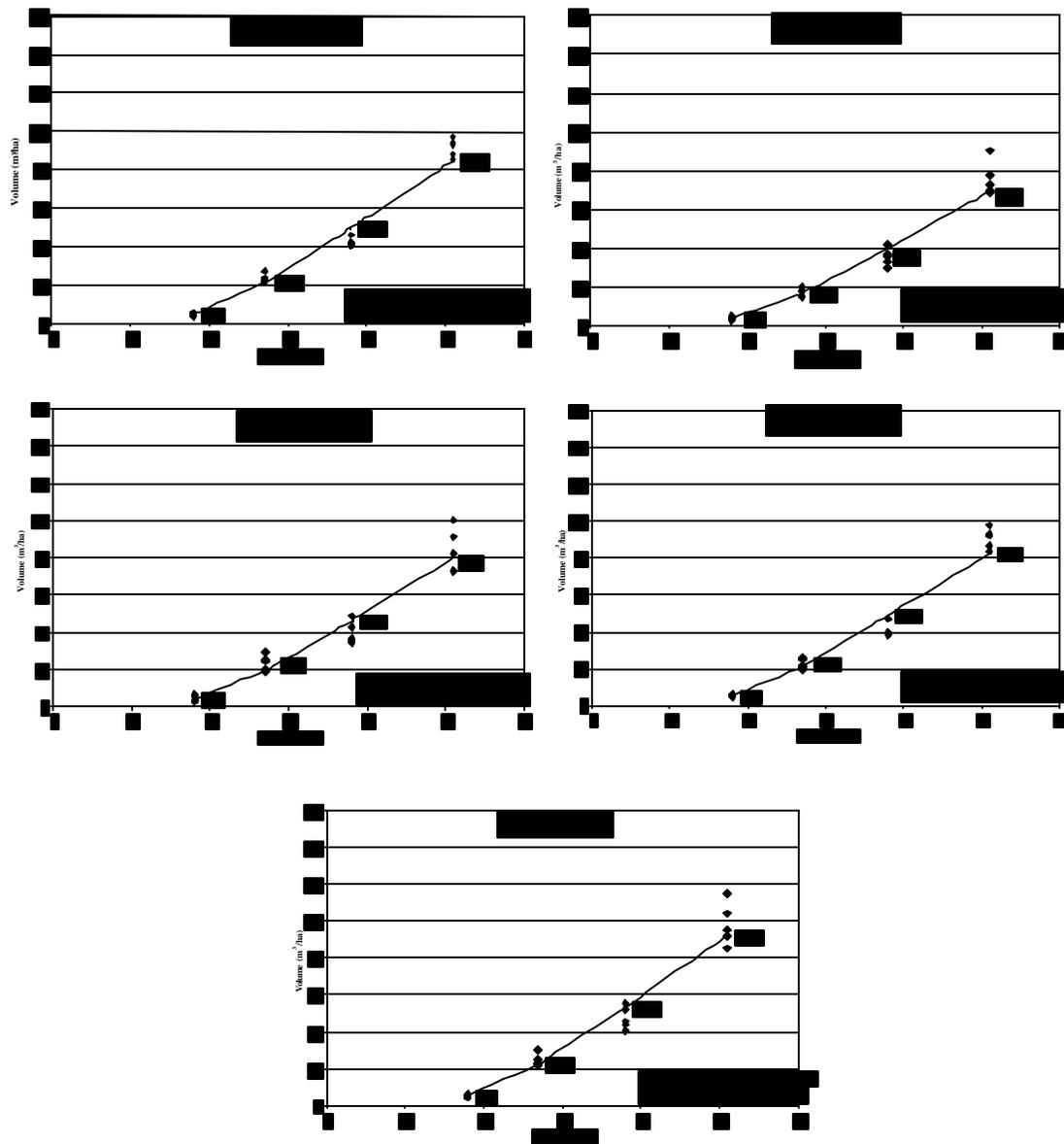


FIGURA 6. Modelos de regressão para volume de madeira por hectare, de 18 a 51 meses após o plantio, estimados para os arranjos estruturais (3x4)+7m, (3x4)+10m, (3x3)+10m, (3x3)+15m e (3x4)+7+10m, de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4 CONCLUSÕES

O volume por planta não mostra diferença entre distintos arranjos até a idade de 18 meses, sendo maior nos arranjos mais amplos a partir dos 27 meses.

A partir do terceiro ano se estabelece um gradiente de valores para DAP em função da área útil disponível; quanto maior a área útil maior o DAP.

Plantas com mesma área útil, em arranjos diferentes, apresentam crescimento diferenciado.

O arranjo (3 x 3)+15m apresentou a menor área de projeção de copa por hectare aos quatro anos, sendo promissor para cultivos intercalares.

A taxa de crescimento diminui nos espaçamentos mais reduzidos, com o passar do tempo.

A produção individual por árvore é maior nos espaçamentos mais amplos.

Até os quatro anos, a produtividade do povoamento é mais influenciada pelo número de indivíduos por área do que pelo arranjo estrutural.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais: climatologia agrícola. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, jun. 1986.

ASSIS, R. L. de; FERREIRA, M. M.; MORAIS, E. J. de; FERNANDES, L. A. Produção de biomassa de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 151-156, abr./jun. 1999.

BERNARDO, A. L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp. sob diferentes espaçamentos na região do cerrado de Minas Gerais**. 1995. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BOTELHO, S. A. Espaçamento. In: SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p. 381-405.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas** (1961-1990). Brasília: MARA, 1992. 84 p.

CECCON, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; ANDRADE, M. J. B. de. Consórcio entre *Eucalyptus camaldulensis* Dehn., aos três anos de idade, e diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 9-14, jan./mar. 1999.

DUBÉ, F. **Estudos técnicos e econômicos de sistemas agroflorestais com *Eucalyptus* sp. no Noroeste do Estado de Minas Gerais**: o caso da Companhia Mineira de Metais. 1999. 146 p. (Dissertação -Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: PRODEPEF/PNUD/FAO/IBDF, 1975. 65 p. (Série Técnica, 3).

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960. 745 p.

LEITE, F. P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais**. 1996. 90 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

- LEITE, F. P.; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de; SANS, L. M. A.; FABRES, A. S. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 313-321, jul./set. 1997.
- LELES, P. S. dos S.; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; MORAIS, E. J. de. Relações hídric as e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 41-50, jan./mar. 1998.
- MACEDO, R. L. G.; FURTADO, S. C.; OLIVEIRA, T. K. de; GOMES, J. E. Caracterização e manejo dos principais sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris. In: MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. p. 90-137.
- MACEDO, R. L. G.; OLIVEIRA, A. D. de. **Sistemas agroflorestais: considerações técnicas e econômicas**. Lavras: DCF/UFLA, 1996. (Projeto de Consultoria).
- NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; COSTA, L. M. da. Aspectos nutricionais e ambientais do eucalipto. **Silvicultura**, São Paulo, n. 68, p. 10-17, set/out, 1996.
- OLIVEIRA NETO, S. N. de; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 15-23, jan./fev. 2003.
- PATIÑO-VALERA, F. **Variación genética em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com espaçamento**. 1986. 192 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- PINKARD, E. A.; NEILSEN, W. A. Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: implications for thinning. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 172, n. 2/3, p. 215-227, Jan. 2003.
- PORFÍRIO DA SILVA, V. P. da. Sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul – para que adotá-los? In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1., 2003, Campo Grande. **Anais...** Embrapa Gado de Corte/Embrapa Pantanal/Embrapa Agropecuária Oeste/FINEP-MCT, 2003. (CD-ROM).
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal** – módulo 3: métodos para classificação de sítios florestais. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997a. 151 p. (Curso de especialização Pós-Graduação “Lato-Sensu”por Tutoria à Distância – Manejo e planejamento florestal).

SCOLFORO, J. R. S. **Técnica de regressão aplicada para estimar volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos da madeira.** Lavras: UFPA/FAEPE, 1997b. 292 p.

SILVA, J. de C. Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 322-323, jul./dez. 2002.

SILVA, J. M. S. da. **Estudo silvicultural e econômico do consórcio de *Eucalyptus grandis* com gramíneas sob diferentes espaçamentos em áreas acidentadas**. 1999. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>>. Acesso em: 21 jan. 2005.

VALE, R. S. do; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MORI, F. A.; MORAIS, A. R. de. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 285-297, maio/jun. 2002.

CAPÍTULO 3

RADIAÇÃO SOLAR NO SUB-BOSQUE DE SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL COM EUCALIPTO EM DIFERENTES ARRANJOS ESTRUTURAIS

RESUMO

O entendimento sobre a incidência de radiação solar no sub-bosque de povoamentos de eucalipto, sob espaçamentos variados, permite o planejamento mais adequado para introdução de culturas intercalares temporárias e consórcio com pastagens em sistemas agrossilvipastoris. O objetivo deste trabalho foi determinar a incidência e a distribuição da densidade de fluxo de fótons, radiação solar global e iluminância no sub-bosque de diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. O experimento foi implantado em dezembro de 1999, em área de cerrado, no noroeste de Minas Gerais (Paracatu, MG, Brasil). Realizou-se o plantio de mudas clonais de um híbrido natural de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh com *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, em consórcio com arroz no primeiro ano, soja no segundo e pastagem de *Brachiaria brizantha* nos anos consecutivos. O delineamento utilizado foi blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. Nas parcelas, estudou-se o efeito de dez arranjos: 3,33x2m, 3,33x3m, 5x2m, 10x2m, 10x3m, 10x4m, (3x3)+7m, (3x3)+10m, (3x4)+10m e (3x3)+15m. As subparcelas corresponderam a avaliações na linha e na entrelinha de plantio, em três períodos: abril de 2002 (27 meses pós plantio), fevereiro de 2003 (38 meses pós plantio) e junho de 2004 (54 meses pós-plantio). O valor médio da radiação solar no sub-bosque varia em função de diferentes arranjos do sistema agrossilvipastoril com eucalipto. O fechamento do dossel em arranjos como 3,33 x 2m e 3,33 x 3m promove sombreamento homogêneo do povoamento de eucalipto aos dois anos. Nos arranjos em linha simples ou dupla, com entrelinha de dez a quinze metros, a distribuição espacial da radiação solar e o sombreamento na linha e entrelinha variam de acordo com a época do ano.

SOLAR RADIATION IN UNDERSTORY OF AGROSYLVOPASTORAL SYSTEM WITH EUCALYPT ON DIFFERENTS SPACINGS

ABSTRACT

The knowledge about understory solar radiation in eucalypt stands of different arrangements allows the intercropp system with annual crops and postures to be better planed. The objective of the present study was determine the levels and distribution of the photosynthetic photon flux density, global radiation and illuminance in understory of different arrangements of agrosylvopastoral with eucalypt. A hybrid of *E. camaldulensis*. X *E. urophylla*, used to saw timber, was planted in cerrado region of Minas Gerais (Paracatu, MG, Brazil) in december 1999. That hybrid was intercropped with rice (first year), soybean (second year) and *Brachiaria brizantha* pasture (following years). The experimental was conducted in randomized blocks, with five repetitions. The treatments were installed in split plots. The were the primary treatments: 11 spacings of eucalypt stand: 3,33 x 2m, 3,33 x 3m, 5 x 2m, 10 x 2m, 10 x 3m, 10 x 4m, (3 x 3)+7m, (3 x 3)+10m, (3 x 4)+10m, (3 x 3)+15m and (3 x 4)+7+10m. The secondary treatments were difned as four times of growth characteristics of eucalypt (18, 27, 38 and 51 months after planting). The eucalypt`s understory solar radiation changes according to the arrangements. The canopy closure in smoll spacings promote uniform shade in understory at two years old. In large spacings the spacement distribution of lighth and shade in rows and between rows changes along year.

1 INTRODUÇÃO

Com relação ao efeito da radiação sobre a dinâmica de crescimento de plantas do gênero *Eucalyptus* e culturas em consórcio, poucas são as informações disponíveis. A quantificação da radiação incidente em diversas situações, tanto da fotossinteticamente ativa como da radiação solar global e o entendimento de seu efeito no funcionamento de vários processos fisiológicos, como a transpiração e a fotossíntese, são fundamentais para estabelecer-se uma expectativa de produção vegetal e também para que se possa propor práticas de manejo que possibilitem o melhor aproveitamento deste e de outros recursos (Leite, 1996).

Em espaçamentos mais adensados da cultura do eucalipto, ou mesmo nos mais convencionais 3 x 2m e 3 x 3m, a partir de certa idade, não é possível introduzir consórcios nas entrelinhas, tendo em vista limitações de espaço, supressão física da serrapilheira, competição por água e nutrientes e ainda por falta de disponibilidade lumínica.

No entanto, em arranjos mais amplos, espaço para culturas nas entrelinhas torna-se uma vantagem dos sistemas consorciados. Nos sítios de menor fertilidade, os nutrientes são fornecidos mediante adubação.

Além disso, nos espaçamentos maiores há maior disponibilidade de água no solo (Leite et al., 1997), podendo-se ainda recorrer à irrigação para as culturas intercalares, caso necessário. De tal modo que a radiação solar incidente sob o dossel torna-se fator altamente determinante da inserção de culturas agrícolas ou pastagem para a formação de sistemas silviagrícolas, agrossilvipastoris e silvipastoris.

A quantidade de luz disponível para o crescimento das forrageiras que compõem o sub-bosque de um sistema silvipastoril determina o potencial de produção de forragem do sistema, sendo um fator chave para sua sustentabilidade. Este fator está submetido, basicamente, a quatro tipos de controle: i) espaçamento, por meio da densidade arbórea e do arranjo do plantio, ii) seleção de espécies com copa não muito densa, iii) operações de desbaste e podas, e iv) forrageiras tolerantes ao sombreamento (Andrade et al., 2002).

O entendimento sobre a incidência de radiação solar no sub-bosque de povoamentos de eucalipto, sob espaçamentos variados, permite o planejamento mais adequado para a introdução de culturas intercalares temporárias e pastagens em sistemas agrossilvipastoris.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a incidência e a distribuição da densidade de fluxo de fótons, radiação solar global e iluminância no sub-bosque de diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto, em três épocas, até 54 meses.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e caracterização da área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na Fazenda Riacho, de propriedade da Companhia Mineira de Metais (CMM Agroflorestal), sob as mesmas condições edafoclimáticas descritas no item 2.1 do Capítulo 2.

2.2 Descrição do experimento

O experimento foi instalado em dezembro de 1999, da maneira descrita no item 2.2 do Capítulo 2. Consistiu de diferentes arranjos estruturais do sistema agrossilvipastoril com *Eucalyptus* spp., para os quais avaliou-se a radiação solar no sub-bosque ao longo do crescimento do povoamento florestal, por três anos consecutivos (2002, 2003 e 2004).

O delineamento utilizado foi blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. Nas parcelas, estudou-se o efeito de dez arranjos estruturais do sistema agrossilvipastoril: 3,33x2m, 3,33x3m, 5x2m, 10x2m, 10x3m, 10x4m, (3x3)+7m, (3x3)+10m, (3x4)+10m e (3x3)+15m. As parcelas experimentais foram as mesmas descritas na Tabela 1 do capítulo 2. Os tratamentos das subparcelas corresponderam a avaliações realizadas na linha e na entrelinha de plantio, sendo esta exatamente ao centro da entrelinha mediana da parcela útil e a primeira entre duas plantas da linha mediana no centro da parcela útil.

O modelo estatístico que descreveu as observações do experimento sobre os diferentes arranjos estruturais, na linha e entrelinha de plantio, foi o que segue:

$$Y_{ijkl} = \mu + t_i + b_j + tb_{ij} + p_k + tp_{ik} + e_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} é o efeito dos arranjos estruturais i , na linha e entrelinha de plantio k , no bloco j ;

μ é uma constante;

t_i é o efeito dos arranjos estruturais i , $i = 1, 2, 3, \dots, 10$;

b_j é o efeito do bloco j , $j = 1, 2, 3, 4, 5$;

tb_{ij} é o erro (a), da interação dos arranjos estruturais i com os blocos j ;

p_k é o efeito da avaliação na linha e entrelinha de plantio k , $k = 1, 2$;

tp_{ik} é o efeito da interação dos arranjos estruturais i com linha e entrelinha de plantio k ;

e_{ijkl} é o erro experimental (b).

2.3 Avaliações

Nas parcelas experimentais, realizou-se a caracterização da radiação solar incidente nas linhas e nas entrelinhas de plantio do sub-bosque de cada arranjo estrutural do sistema agrossilvipastoril com eucalipto, em três períodos: abril de 2002 (27 meses pós plantio), fevereiro de 2003 (38 meses pós plantio) e junho de 2004 (54 meses pós-plantio). As medidas foram tomadas entre as 11:00h e 14:00h, em dias com céu predominantemente claro (pouca ou nenhuma nebulosidade).

Utilizando-se um medidor de radiação (LI-250 Light Meter – LI-COR), foram acoplados um quantômetro (LI-190SA Quantum Sensor – LI-COR), para medir a densidade de fluxo de fótons ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) (DFF), com sensibilidade

para os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm e com máxima sensibilidade na faixa do vermelho; LI-200SA Pyranometer Sensor, para radiação solar global ($W.m^{-2}$), sensível ao espectro de radiação entre 400 e 1100 nm, mais sensível no infravermelho, a 950 nm; e LI-210SA Photometric Sensor, para iluminância (klux), também sensível aos comprimentos de onda de 400 a 700 nm, mas com pico de sensibilidade em 555 nm (LI-COR, 1991).

Os sensores foram posicionados a 0,50m de altura do solo e cada medida correspondeu ao valor médio da radiação incidente no sensor, medida durante 15 segundos. Determinaram-se também medidas a pleno sol em cada dia de avaliação.

Na última avaliação (54 meses pós-plantio), foram excluídos os arranjos 3,33 x 2m e 3,33 x 3m, em virtude do fechamento do dossel e sombreamento completo do sub-bosque.

2.4 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas separadamente para cada ano de avaliação. Os dados obtidos foram submetidos à análise de homogeneidade de variância, sendo transformados quando as variâncias apresentaram-se heterogêneas. Os dados de densidade de fluxo de fótons, radiação solar global e iluminância foram transformados em *Log x* para os três anos de avaliação. Posteriormente, foram feitas as análises de variância, fazendo-se os devidos desdobramentos quando necessário. Para os efeitos significativos de tratamentos da parcela (arranjos estruturais), aplicou-se às médias o teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. Para os efeitos significativos verificados nas subparcelas, entre linha e entrelinha de plantio, aplicou-se o teste t ($P < 0,05$).

Foram empregados na execução das análises, os programas estatísticos SISVAR e EXCEL.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se os dados constantes das Tabelas 4B, 5B e 6B (anexos), verifica-se que, aos 27, 38 e 54 meses pós plantio, houve diferença significativa da interação entre os arranjos estruturais e linha e entrelinha de plantio quanto à radiação solar no sub-bosque. Isso demonstra que a densidade de fluxo de fótons (DFF), a radiação solar global (RSG) e a iluminância (ILU) apresentam-se de maneira distinta na linha e entrelinha de plantio, dependendo da distribuição das árvores no povoamento.

Para a avaliação aos 27 meses, a DFF (Figura 1), na linha de plantio, foi maior nos arranjos 10 x 2m, 10 x 3m, 10 x 4m, (3 x 4)+7m e (3 x 4)+10m. Nos arranjos mais adensados (3,33 x 2m, 3,33 x 3m e 5 x 2m) e para as linhas duplas mais fechadas, (3 x 3)+10m e (3 x 3)+15m, o sombreamento na linha foi mais intenso.

Quanto à entrelinha, os arranjos em que a DFF foi maior foram 10 x 3m, 10 x 4m, (3 x 4)+7m e (3 x 3)+15m. A DFF na entrelinha foi significativamente menor que na linha para os tratamentos 10 x 2m e 10 x 3m, sendo o inverso para 5 x 2m e (3 x 3)+15m.

Nestes casos, em que o plantio é orientado no sentido leste-oeste e o dossel ainda não está fechado, espera-se a maior quantidade de radiação no centro da entrelinha e menor na linha. Contudo, em função da variação da altura solar ao longo do ano, não ocorre o padrão previsto. A transmissão de luz plena na entrelinha e com máximo de sombreamento na linha somente ocorre quando o sol está perpendicular à superfície terrestre no local avaliado, ocasião em que a declinação solar é correspondente à latitude do local, conforme Andrade et al. (2002).

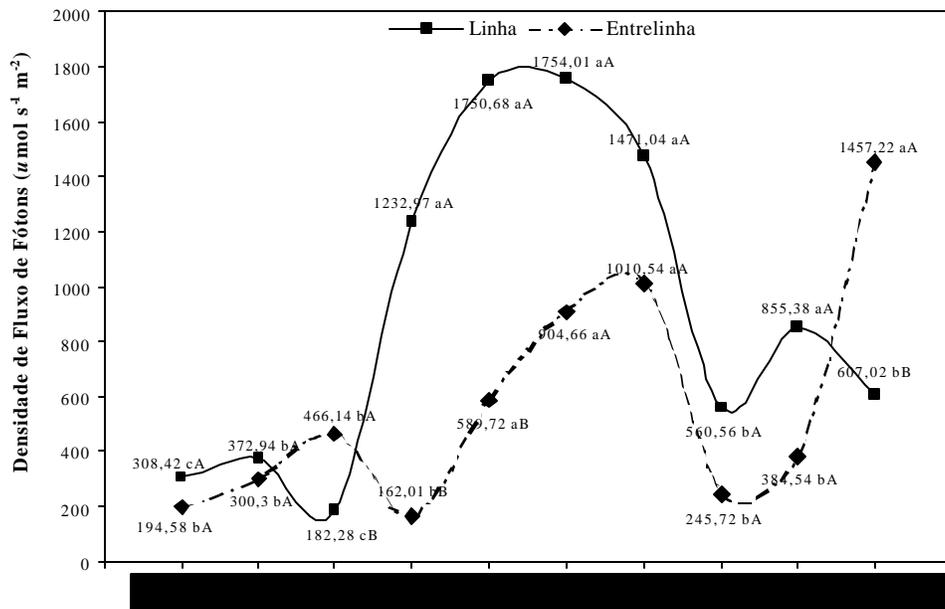


FIGURA 1. Densidade de fluxo de fótons ($\mu\text{ mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$) na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., aos 27 meses após o plantio, em Paracatu, MG. (Para os arranjos, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott: $P < 0,05$, e para linha e entrelinha, médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Os mesmos autores citaram que, para a região de cerrado em que foi realizado o presente estudo, a declinação solar torna-se igual à latitude local nos meses de novembro e fevereiro. O fato da avaliação aos 27 meses ter sido realizada no mês de abril de 2002 explica, em função da declinação solar, a transmissão diferenciada de DFF maior na linha que na entrelinha em parte dos sistemas agrossilvipastoris analisados.

Quanto à RSG (Figura 2), os maiores valores encontrados na linha de plantio foram para os arranjos 10 x 2m, 10 x 3m, 10 x 4m, (3 x 3)+10m, (3 x 4)+10m e (3 x 3)+15m. Os valores para entrelinha foram superiores nos

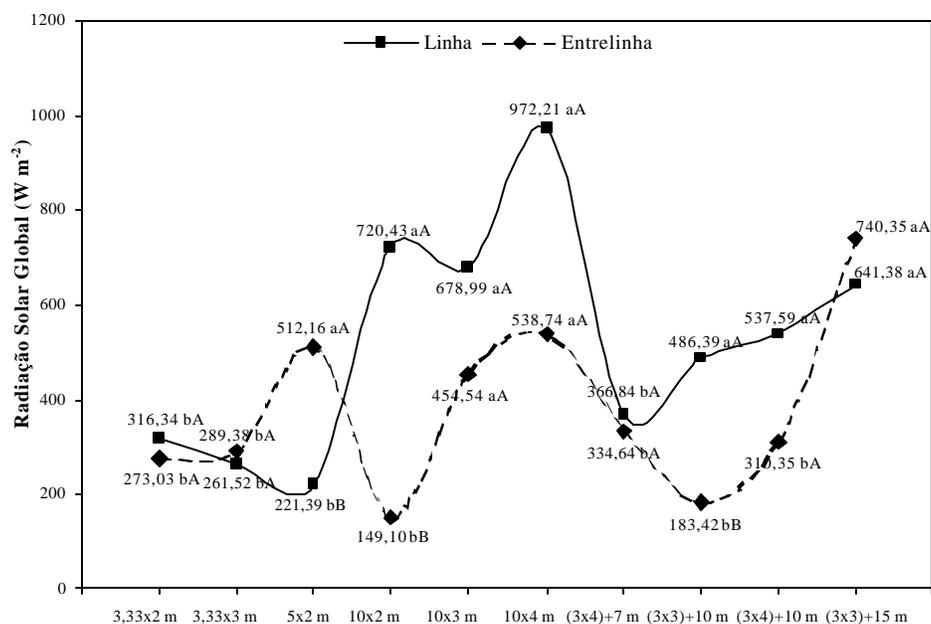


FIGURA 2. Radiação solar global (W m^{-2}) na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., aos 27 meses após o plantio, em Paracatu, MG. (Para os arranjos, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott: $P < 0,05$, e para linha e entrelinha, médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

arranjos 5 x 2m, 10 x 3m, 10 x 4m e (3 x 3)+15m. A RSG na entrelinha do 5 x 2m foi maior que na linha, ocorrendo comportamento inverso para 10 x 2m e (3 x 3)+10m. Os demais tratamentos foram iguais estatisticamente.

O comportamento da ILU (Figura 3) foi semelhante ao da DFF. A maior incidência na linha que na entrelinha de plantio ocorreu nos arranjos 10 x 2m, 10 x 3m, (3 x 3)+10m e (3 x 4)+10m. Resultados semelhantes, com maior luminosidade na linha do que na entrelinha, foram encontrados por Andrade et al. (2002), avaliando sistemas silvipastoris aos dois anos e meio.

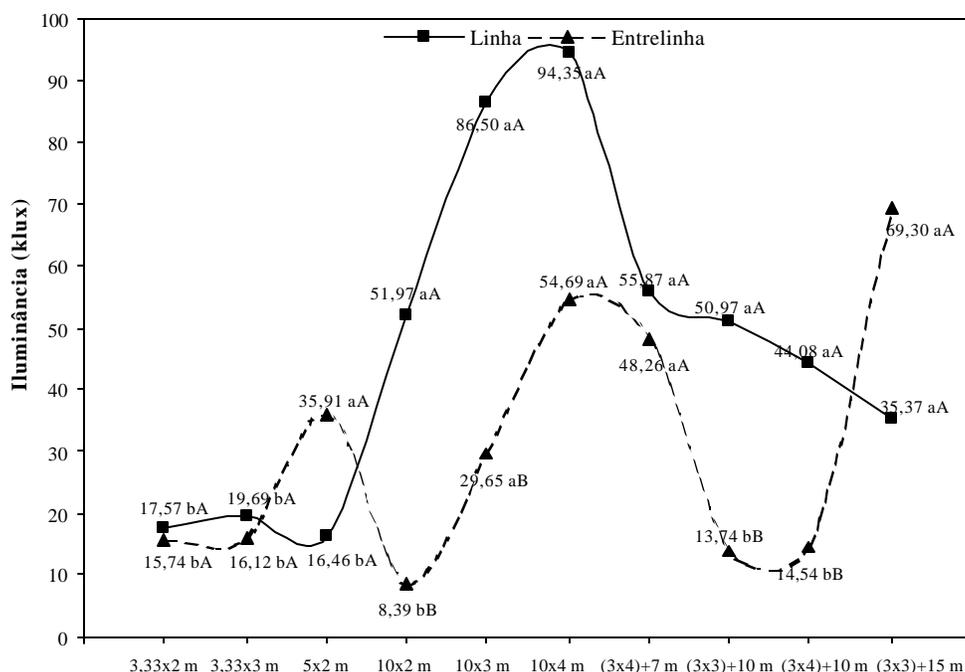


FIGURA 3. Iluminância (klux) na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., aos 27 meses após o plantio, em Paracatu, MG. (Para os arranjos, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott: $P < 0,05$, e para linha e entrelinha, médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Independente do tipo de radiação, os arranjos 3,33 x 2m e 3,33 x 3m apresentaram um sombreamento homogêneo do povoamento no sub-bosque, tanto na linha quanto na entrelinha, em decorrência da proximidade das árvores e ao avançado fechamento das copas, a pouco mais de dois anos.

Quanto à avaliação aos 38 meses após o plantio (Figuras 4, 5 e 6), observou-se o comportamento padrão de transmissão de luz em sistemas silvipastoris citado por Andrade et al. (2002), ou seja, maior radiação na entrelinha e menor radiação na linha de plantio. A avaliação foi realizada em

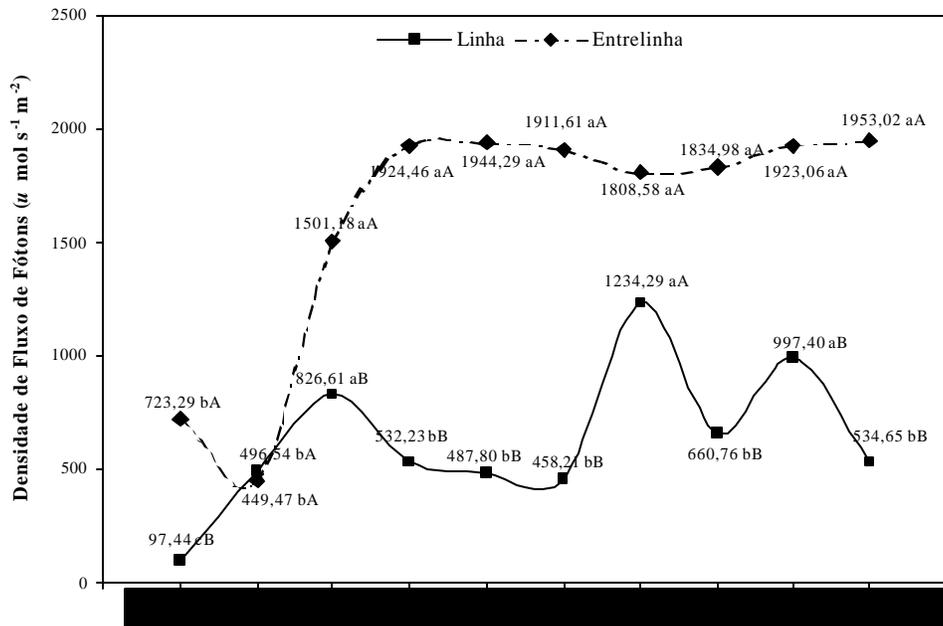


FIGURA 4 Densidade de fluxo de fótons ($\mu \text{ mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$) na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., aos 38 meses após o plantio, em Paracatu, MG. (Para os arranjos, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott: $P < 0,05$, e para linha e entrelinha, médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

fevereiro de 2003. Neste mês, a declinação solar é correspondente à latitude local, de forma que o sol fica perpendicular à entrelinha de plantio. Este período correspondeu ao final do período de chuvas no local do estudo, noroeste de Minas Gerais (Figura 1A a 5A, do anexo A), de maneira que as disponibilidades lumínica e hídrica elevadas podem favorecer ao máximo o desenvolvimento dos constituintes da fase intermediária e final dos sistemas agrossilvipastoris estudados, especialmente as pastagens, geralmente gramíneas C_4 , altas conversoras de carbono em biomassa. Isto pode representar maior quantidade de forragem para os animais e otimização no uso dos recursos naturais.

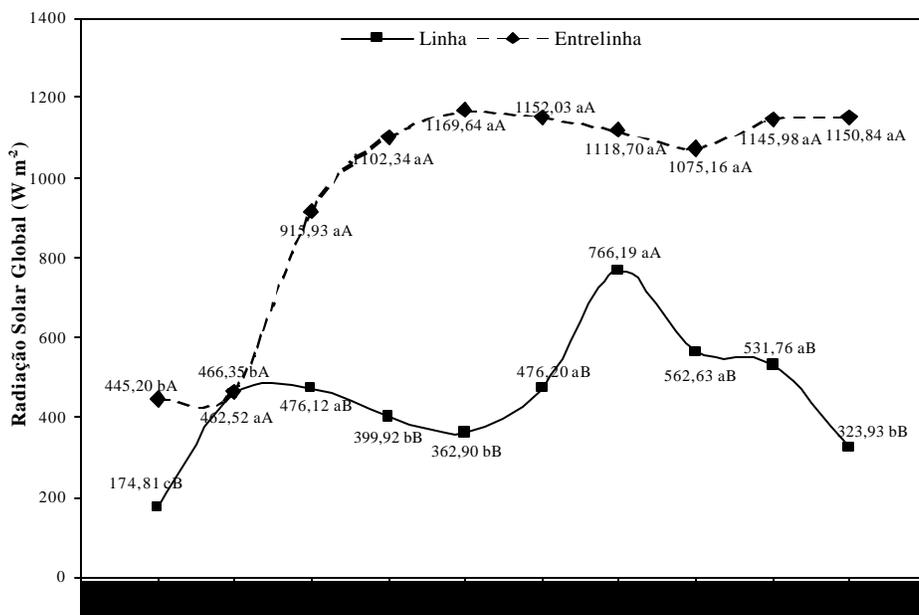


FIGURA 5. Radiação solar global (W m^{-2}) na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., aos 38 meses após o plantio, em Paracatu, MG. (Para os arranjos, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott: $P < 0,05$, e para linha e entrelinha, médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Em conformidade com os resultados obtidos neste estudo, a radiação fotossinteticamente ativa apresentou maior incidência na entrelinha de plantio em renques de *Grevillea robusta*, avaliados por Porfírio da Silva et al. (1999). Todavia, a produção de matéria seca da gramínea em consórcio foi maior sob a copa das grevílias, o que foi justificado pela interação mais positiva entre a luz e outros fatores de produção, como umidade, temperatura e fertilidade do solo mais próximo às árvores.

Tanto para DFF (Figura 4) quanto para RSG (Figura 5) e ILU (Figura 6), a disponibilidade lumínica na entrelinha de plantio foi superior à linha nos espaçamentos mais amplos.

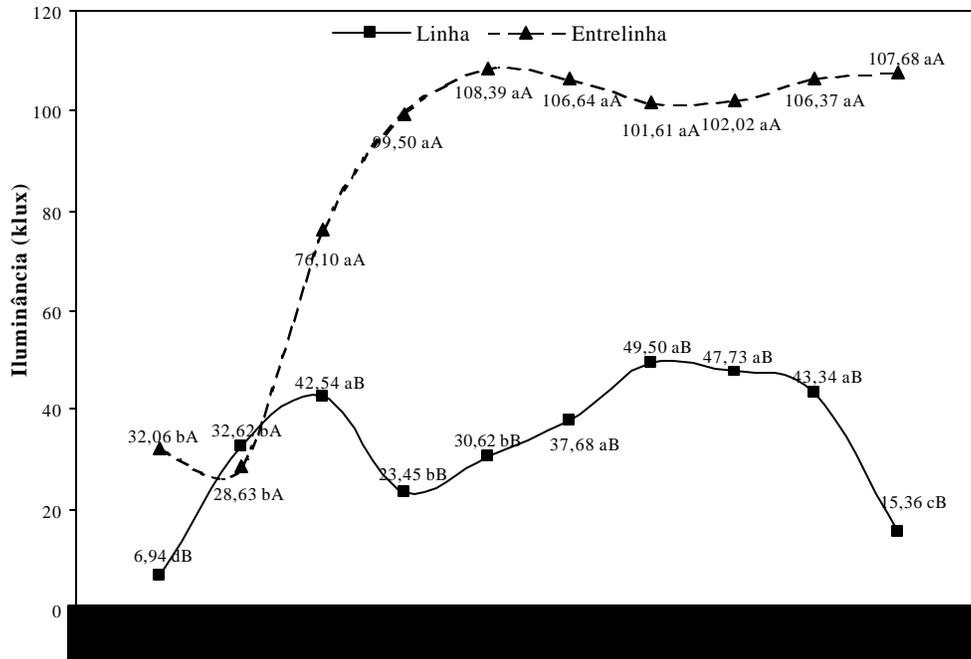


FIGURA 6. Iluminância (klux) na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., aos 38 meses após o plantio, em Paracatu, MG. (Para os arranjos, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott: $P < 0,05$, e para linha e entrelinha, médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Os arranjos 3,33 x 2m e 3,33 x 3m demonstraram um nível de interceptação de luz que manteve o sombreamento do sub-bosque semelhante ao apresentado aos dois anos (Figuras 1, 2 e 3). A maior quantidade de radiação interceptada nestes sistemas certamente implicou em maior taxa fotossintética que, juntamente com a maior ocupação do sítio (densidade do plantio), justificam a maior produção em volume de madeira aos três anos (Tabela 5. Capítulo 2). Estes resultados confirmam os de Acciaresi et al. (1994) e Leite et al. (1997).

Na linha de plantio, apenas o arranjo 5 x 2m e aqueles com linha dupla mais aberta [(3 x 4)+7m e (3 x 4)+10m] tiveram DFF estatisticamente superior aos demais (Figura 4).

A RSG e ILU (Figuras 5 e 6), avaliadas somente na linha de plantio, foram significativamente maiores para os 5 x 2m, 10 x 4m, (3 x 4)+7m, (3 x 3)+10m e (3 x 4)+10m.

A avaliação aos 54 meses (Figuras 7, 8 e 9) revelou que a densidade de fluxo de fótons, a radiação solar global e a iluminância apresentaram comportamentos semelhantes. Foram maiores na entrelinha que na linha para os arranjos (3 x 3)+10m, (3 x 4)+10m e (3 x 3)+15m, enquanto os arranjos 5 x 2m, 10 x 2m, 10 x 3m e 10 x 4m revelaram um sombreamento padronizado em todo o povoamento, não havendo diferença significativa entre linha e entrelinha, provavelmente em função do crescimento e adensamento das copas aos quatro anos e meio.

Para o 5 x 2m, o fechamento do dossel e sombreamento total do sub-bosque poderia ser previsto aos quatro anos e meio. Já para os mais amplos, manteve-se o verificado aos 27 meses (Figuras 1, 2 e 3). Embora o plantio estivesse orientado no sentido leste-oeste, a posição do sol, em relação ao horizonte, fez com que a sombra das árvores fosse projetada na entrelinha e a base do fuste das plantas na linha de plantio fosse iluminada, justificando os resultados encontrados. Em decorrência da declinação solar em junho (Andrade et al., 2002), período de avaliação aos quatro anos e meio, a entrelinha (sombreada) manteve os valores semelhantes aos da linha de plantio.

Em espaçamentos mais reduzidos da cultura florestal, o consórcio é influenciado pela disputa por espaço (tanto raízes como parte aérea), competição por água e nutrientes, sendo a disponibilidade lumínica um fator muito relevante.

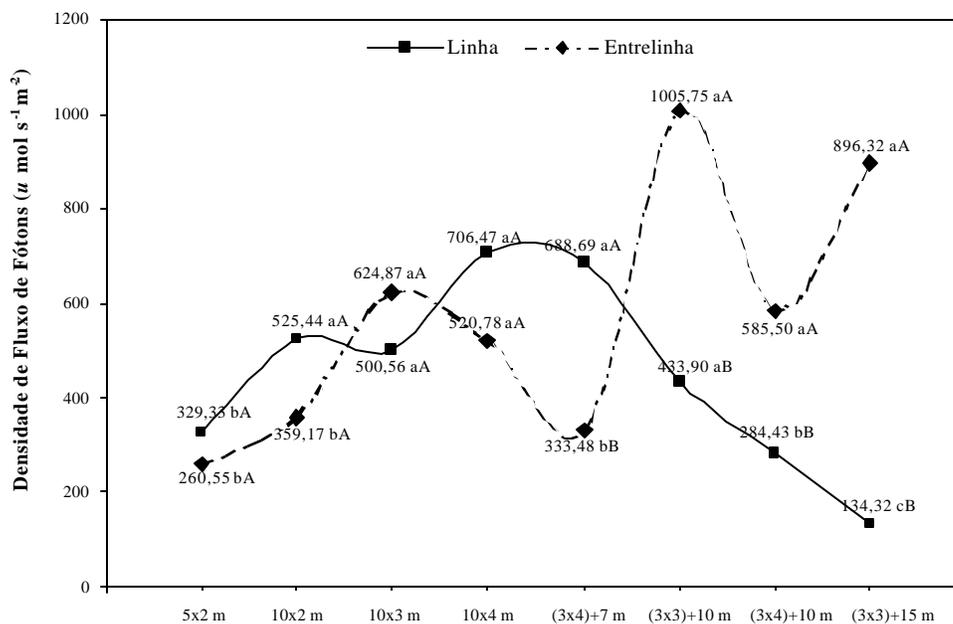


FIGURA 7. Densidade de fluxo de fótons ($\mu \text{ mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$) na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., aos 54 meses após o plantio, em Paracatu, MG. (Para os arranjos, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott: $P < 0,05$, e para linha e entrelinha, médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tomando-se os valores de radiação nos arranjos 3,33 x 2m e 3,33 x 3m, aos 27 meses (Figuras 1, 2 e 3), como referência para indicativo da impossibilidade de consórcio nos espaçamentos mais amplos, em idades mais avançadas, pode-se dizer que o arranjo 5 x 2m, aos quatro anos e meio, apresenta valores semelhantes e, portanto, nessas condições, o consórcio seria prejudicado. Embora em arranjos como 10 x 2m os valores de radiação sejam também semelhantes, entre 27 e 54 meses ou até menores nesta última avaliação,

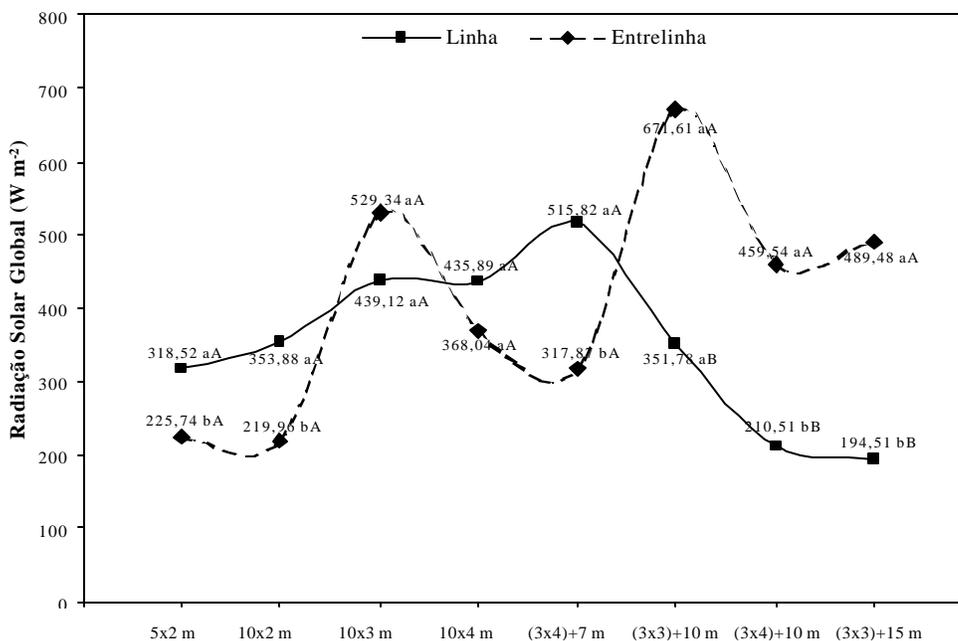


FIGURA 8. Radiação solar global (W m^{-2}) na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., aos 54 meses após o plantio, em Paracatu, MG. (Para os arranjos, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott: $P < 0,05$, e para linha e entrelinha, médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

não se pode deixar de considerar o espaço de dez metros na entrelinha, tanto mais eficiente para o consórcio quanto maior a tolerância da espécie de sub-bosque ao sombreamento, especialmente em se tratando de gramíneas forrageiras em sistemas silvipastoris.

No arranjo (3 x 4)+7m, a densidade de fluxo de fótons e a iluminância foram maiores na linha de plantio. Observando-se a projeção de copa na entrelinha deste arranjo aos quatro anos (Tabela 8. Capítulo 2), verifica-se que o dossel na entrelinha de sete metros estava praticamente fechado, o que, aliado ao

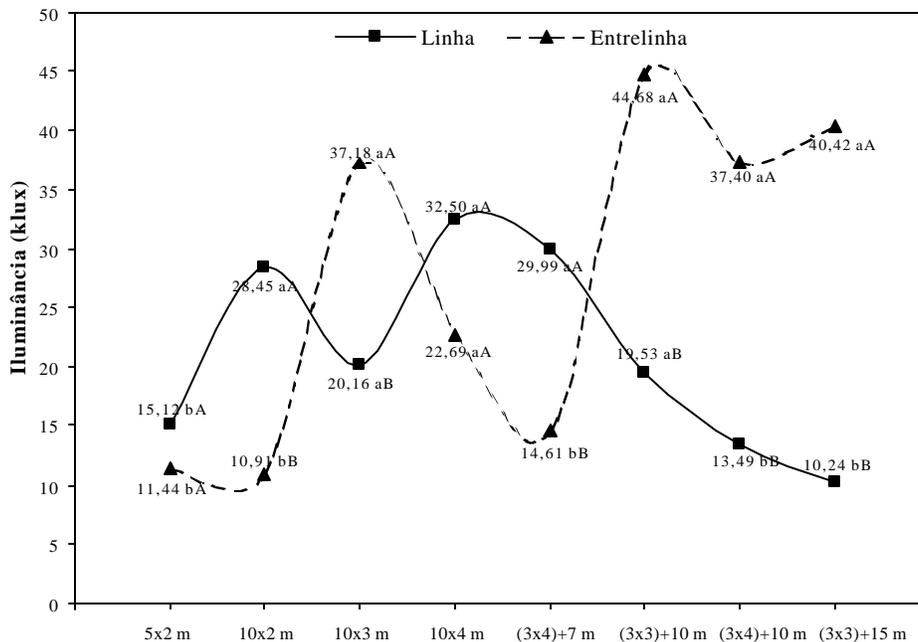


FIGURA 9. Iluminância (klux) na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., aos 54 meses após o plantio, em Paracatu, MG. (Para os arranjos, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott: $P < 0,05$, e para linha e entrelinha, médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

efeito da declinação solar, fez com que o sombreamento na entrelinha fosse inferior ao da linha de plantio.

O comportamento das curvas nas Figuras 1 a 9 mostra a influência da época do ano na declinação solar e desta na radiação do sub-bosque de eucalipto nos diferentes arranjos, corroborando com os resultados de Andrade et al. (2002).

Na Tabela 1, apresenta-se a porcentagem em relação à medida a pleno sol da densidade de fluxo de fótons, radiação solar global e iluminância, na linha e entrelinha de diferentes arranjos de sistema agrossilvipastoril com eucalipto, aos 27, 38 e 54 meses após o plantio.

Somente para a avaliação aos 38 meses, realizada no mês de fevereiro, quando a declinação solar é correspondente à latitude local, a densidade de fluxo de fótons, solar global e iluminância, na entrelinha dos espaçamentos mais amplos, foi 100% em relação às medidas tomadas a pleno sol.

Independente da época de avaliação, o arranjo com maior entrelinha [(3 x 3)+15m] sempre apresentou maior luminosidade na entrelinha (acima de 60% de pleno sol), enquanto os demais variaram o percentual de radiação em função do espaçamento e do período de avaliação. O arranjo em que a radiação apresentou desempenho mais aproximado foi o 10 x 4m (Tabela 1).

Deve-se mencionar que em meses e arranjos nos quais a radiação na entrelinha é a totalidade da luminosidade a pleno sol, como aos 38 meses pós plantio, o sombreamento sob a copa das árvores na linha de plantio (Tabela 1) serviria de abrigo para os animais em sistemas agrossilvipastoris, tendo em vista que mesmo as raças consideradas adaptados a condições mais quentes, como o gado zebuino (*Bos indicus*), em comparação com o gado europeu (*Bos taurus*), buscam proteção contra insolação direta (Porfírio da Silva & Mazuchowski, 1999).

Considerando que o sol encontra-se perpendicular às linhas de plantio aos 38 meses, a porcentagem da radiação solar na linha, em relação a pleno sol, permite uma inferência a respeito da densidade da copa do eucalipto. A passagem de 24% a 43% da DFF, RSG e ILU nas linhas dos arranjos 10 x 2m, 10 x 3m e 10 x 4m, e acima de 43%, no 5 x 2m, confirma a citação de Garcia & Couto (1997) e Silva (1999), sobre a vantagem de algumas espécies de eucalipto

TABELA 1 – Percentagem em relação à medida a pleno sol da densidade de fluxo de fótons (DFF), radiação solar global (RSG) e iluminância (ILU) na linha (L) e entrelinha (EL) de diferentes arranjos de sistema agrossilvipastoril com eucalipto, aos 27, 38 e 54 meses após o plantio. Paracatu, MG. UFPA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos	27 meses após o plantio									38 meses após o plantio									54 meses após o plantio								
	DFF			RSG			ILU			DFF			RSG			ILU			DFF			RSG			ILU		
	L	EL	L	EL	L	EL	L	EL	L	EL	L	EL	L	EL	L	EL	L	EL	L	EL	L	EL	L	EL	L	EL	
3,33 x 2 m	17,2	10,8	32,5	28,1	18,5	16,6	5,6	41,7	16,3	41,5	7,1	32,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,33 x 3 m	20,8	16,7	26,9	29,7	20,8	17,0	28,6	25,9	43,1	43,5	33,2	29,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 x 2 m	10,2	25,9	22,7	52,6	17,3	37,9	47,6	86,5	44,4	85,4	43,4	77,6	29,9	23,6	50,5	35,8	26,0	19,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 x 2 m	68,7	9,0	74,0	15,3	54,8	8,8	30,7	100,0	37,3	100,0	23,9	100,0	47,7	32,6	56,1	34,9	48,9	18,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 x 3 m	97,5	32,8	69,8	46,7	91,2	31,3	26,3	100,0	32,9	100,0	29,7	100,0	45,4	56,7	69,7	84,0	34,6	63,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 x 4 m	97,7	50,4	99,9	55,4	99,5	57,7	24,7	100,0	43,1	100,0	36,5	100,0	64,1	47,3	69,2	58,4	55,8	39,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(3x4)+7m	81,9	56,3	37,7	34,4	58,9	50,9	66,5	97,5	69,4	100,0	47,9	98,4	54,9	26,6	69,3	42,7	46,0	22,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(3x3)+10m	31,2	13,7	50,0	18,8	53,7	14,5	35,3	98,0	50,9	97,2	46,0	98,3	35,1	81,3	46,7	89,1	29,8	68,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(3x4)+10m	47,6	21,4	55,2	31,9	46,5	15,3	53,3	100,0	48,1	100,0	41,7	100,0	23,0	47,3	27,9	61,0	20,5	57,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(3x3)+15m	33,8	81,2	65,9	76,1	37,3	73,1	28,5	100,0	29,3	100,0	14,8	100,0	10,9	72,4	25,8	65,0	15,6	61,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-

como componente arbóreo adequado para sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris, por permitir considerável passagem de luz para o sub-bosque.

A distribuição espectral da luz refletida e a que penetra pela copa das árvores depende da densidade das folhas. Se a copa da árvore é rala, a energia refletida é similar a reflectância do solo. Caso contrário, a energia solar refletida por uma copa densa é semelhante à reflectância de uma folha, fraca na radiação fotossinteticamente ativa (completamente absorvida) e forte na faixa do infravermelho próximo (Bonhomme, 1993), proporcionando resultados positivos quanto ao aproveitamento deste tipo de radiação pela espécie arbórea e tornando a luz no sub-bosque de menor qualidade fotossintética. A radiação solar sob as linhas de plantio nos arranjos 5 x 2m, 10 x 2m, 10 x 3m e 10 x 4m, foi considerável aos 38 meses.

As linhas duplas nos (3 x 3)+10m e (3 x 3)+15m apresentaram padrão semelhante aos tratamentos em linhas simples, enquanto nos (3 x 4)+7m e (3 x 4)+10m, com linhas duplas mais amplas, a passagem pelo dossel foi de 41-69% da DFF, RSG e ILU. A radiação solar no sub-bosque do eucalipto em outras épocas do ano (avaliações aos 27 e 54 meses) também mostra-se satisfatória em comparação com a radiação à pleno sol (Tabela 1).

Sugere-se que sejam desenvolvidos outros trabalhos, envolvendo desde a fase juvenil até idades mais avançadas dos povoamentos de eucalipto, e ainda diferentes épocas do ano, inclusive com avaliações mensais, utilizando-se sensores sensíveis aos diversos comprimentos de onda e que podem registrar a incidência de radiação durante todo o dia, com a finalidade de complementar estudos desta natureza, a respeito da quantidade e qualidade da radiação incidente no sub-bosque desta espécie florestal.

4 CONCLUSÕES

O valor médio da radiação solar no sub-bosque varia em função de diferentes arranjos do sistema agrossilvipastoril com eucalipto.

O fechamento do dossel de eucalipto aos dois anos, em arranjos como 3,33 x 2m e 3,33 x 3m, promove um nível de interceptação da radiação geral em todo o povoamento.

Nos arranjos em linhas simples ou dupla, com entrelinha de dez a quinze metros, a distribuição espacial da radiação solar e o sombreamento na linha e entrelinha variam de acordo com a época do ano.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCIARESI, H.; ANSÍN, O. E.; MARLATS, R. M. Sistemas silvopastoriles: efectos de la densidad arborea en la penetracion solar y produccion de forraje en rodales de alamo (*Populus deltoides* Marsh). **Agroforesteria en las Américas**, Turrialba, v. 1, n. 4, p. 6-9, oct./dic. 1994.
- ANDRADE, C. M. S. de; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G. Transmissão de luz em sistemas silvipastoris com eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 19-23, jan./fev. 2002.
- BONHOMME, R. The solar radiation: characterization and distribution in the canopy. In: VARLET-GRANCHER, C.; BONHOMME, R.; SINOQUET, H. **Crop structure and light microclimate**: characterization and applications. Paris: INRA, 1993. p. 17-28.
- GARCIA, R.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p.447-471.
- LEITE, F. P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais**. 1996. 90 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- LEITE, F. P.; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de; SANS, L. M. A.; FABRES, A. S. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 313-321, jul./set. 1997.
- LI-COR. **LI-COR terrestrial radiation sensors, type AS. Instruction manual**. Lincoln, Nebraska – USA, 1991. 28 p.
- PORFÍRIO DA SILVA, V.; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Sistemas silvipastoris**: paradigma dos pecuaristas para a agregação de renda e qualidade. Curitiba: Emater Paraná, 1999. 52 p. (Série Informação Técnica. 50).
- PORFÍRIO DA SILVA, V.; VIEIRA, A. R. R.; CARAMORI, P. H.; BAGGIO, A. J. A radiação fotossinteticamente ativa e a produção de pastagem em sistema silvipastoril. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. p. 2260-2266. (CD-ROM).
- SILVA, J. M. S. da. **Estudo silvicultural e econômico do consórcio de *Eucalyptus grandis* com gramíneas sob diferentes espaçamentos em áreas acidentadas**. 1999. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CAPÍTULO 4

DESEMPENHO PRODUTIVO DE *Brachiaria brizantha* SOB DIFERENTES ARRANJOS ESTRUTURAIS DE SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL COM EUCALIPTO

RESUMO

Um critério fundamental para o sucesso de sistemas agrossilvipastoris sustentáveis é a escolha das espécies para o sistema. O conhecimento da tolerância da braquiária (*Brachiaria brizantha*) ao sombreamento implica na recomendação desta forrageira para a implantação de sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris. Considerando que sistemas agrossilvipastoris são mais complexos que os sistemas de produção convencionais, necessita-se de maior número de pesquisas que demonstrem a viabilidade dessa prática. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de *B. brizantha* sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. O plantio do eucalipto foi realizado em dezembro de 1999, em área de cerrado, no noroeste de Minas Gerais (Paracatu, MG, Brasil). Realizou-se o plantio de mudas clonais de um híbrido natural de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh com *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, selecionado para produção de madeira para serraria, em consórcio com arroz no primeiro ano e soja no segundo. Após as culturas agrícolas, foi realizado o plantio da braquiária, em dezembro de 2001. Utilizou-se delineamento blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. O ensaio consistiu de sete arranjos estruturais do sistema agrossilvipastoril com o eucalipto [(3x3)+10m, (3x4)+7m, (3x4)+10m, (3x4)+7+10m, (3x3)+15m, 10x3m, e 10x4m], para os quais avaliou-se, na linha e na entrelinha de plantio, a produtividade e aspectos de qualidade da forragem, no primeiro ano de formação da pastagem. Verificou-se que a forragem disponível (matéria natural e matéria seca) foi sempre maior na entrelinha (sombreada) do que na linha de plantio, independente do arranjo. Os variados arranjos do sistema agrossilvipastoril praticamente não provocaram variação no teor de fibras na forragem. Não houve diferença entre os teores de nitrogênio e fósforo, porém, as concentrações de cálcio, potássio e manganês foram maiores na braquiária sob as linhas de plantio do eucalipto.

**YIELD OF *Brachiaria brizantha* UNDER DIFFERENT
ARRANGEMENTS ON AGROSILVOPASTORAL SYSTEM WITH
EUCALYPT**

ABSTRACT

A basic factor to sustainable agrosilvopastoral system success is the choice of species for the system. The tolerance of *B. brizantha* to shading suggests the use of this specie in agrosilvopastoral systems, that are more complex than the conventional production systems. To demonstrate the viability of agrosilvopastoral systems, more studies are necessary. The objective of this work was to evaluate the productive performance of *B. brizantha* under different spacings on agrosilvopastoral systems with eucalypt. The experiment was established in December 1999, in cerrado area (Paracatu–MG, Brasil). It was planted clone seedlings of a natural hybrid of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn com *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, selected to saw timber production, intercropped with rice in the first year, soybean in the second. Fodder planting was realized after annual crop cultivation, in December 2001. The experimental design used was randomized blocks in split plot with four repetitions. It was studied seven arrangements of eucalypt stand [(3x3)+10m, (3x4)+7m, (3x4)+10m, (3x4)+7+10m, (3x3)+15m, 10x3m, e 10x4m] and the fodder evaluated in the row and between rows of eucalypt. Measurements of moist and dry matter and quality of fodder were made along the first year after pasture planting. It was verified higher fodder of *B. brizantha* between rows (shaded) than in rows of eucalypt, independent of arrangement, which did not promote changes in content fiber. There was not significant difference among spacings, rows and between rows related to N and P content in fodder, but the Ca, K and Mn content were highest under rows of eucalypt.

1 INTRODUÇÃO

As espécies *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* são amplamente utilizadas para a formação de pastagens no cerrado, geralmente em extensas áreas destinadas à atividade pecuária. Grandes áreas no cerrado também são dispensadas para a cultura do eucalipto, espécie florestal que possivelmente deverá suprir a demanda de madeira cada vez maior. Todavia, tanto a atividade pecuária quanto florestal, em grandes áreas, geram concentração de terra e necessitam de grande capital para investimento.

Formas de uso da terra que agregam retorno econômico a serviços ambientais estão sendo buscadas cada vez mais. A implantação de sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris atende a estes requisitos ao integrar a atividade florestal e pecuária.

Em todas as regiões do Brasil, existem exemplos de pesquisas com sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris: região norte (Marques, 1990; Veiga & Serrão, 1990; Castro & Carvalho, 1999; Oliveira et al., 2003), região nordeste (Ribaski et al., 1993; Castro & Carvalho, 1999), região centro-oeste (Melo, 1991; Castro & Carvalho, 1999; Macedo et al., 2000), região sudeste (Schreiner, 1988; Couto et al., 1994; Carvalho, 1998; Silva, 1999; Macedo et al., 2000) e região sul (Montoya & Mazuchowski, 1994; Baggio & Silva, 1998; Porfírio da Silva et al., 1998; Ribaski & Rakocevic, 2002).

Estudos foram desenvolvidos na Zona da Mata de Minas Gerais, avaliando o consórcio de *Eucalyptus grandis* com gamíneas. A escolha das espécies foi devido ao fato das pastagens na região serem formadas, na sua maioria, por *B. decumbens* e os povoamentos de eucalipto, a partir de certa idade, possibilitarem a penetração de luz para o sub-bosque, principalmente quando convenientemente espaçados (Silva, 1999).

O conhecimento das condições para o cultivo nas entrelinhas de povoamentos de eucalipto torna-se um importante fator. Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de eucalipto foram avaliados por Pillar et al. (2002). Os autores concluíram que comunidades vegetais localizadas em sítios menos sombreados tendem a ter maior cobertura do solo com espécies C₄, ao passo que, sob sombreamento intermediário e mais intenso, assim como nos espaçamentos 3 x 2m e 3 x 1,8m, avaliados em seus estudos, a comunidade de plantas do sub-bosque apresenta maioria das espécies como C₃. Isto indica que espaçamentos e arranjos mais amplos nos plantios de eucalipto devem ser avaliados visando ao favorecimento e maior produtividade das gramíneas forrageiras tropicais (C₄), em sistemas agrossilvipastoris.

Um requisito fundamental para o sucesso de sistemas agrossilvipastoris sustentáveis é a escolha das espécies para o sistema. As forrageiras devem ser produtivas, além de tolerantes ao sombreamento e adaptadas às condições edafoclimáticas do local de implantação. Isto é mais relevante em se tratando de área de cerrado, com características particulares de solos ácidos, de baixa fertilidade e estação seca bem definida e prolongada (Andrade et al., 2003).

Diversos autores classificam como média a tolerância da *Brachiaria brizantha* ao sombreamento e recomendam esta forrageira para a implantação de sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris (Carvalho et al., 1998; Costa & Townsend, 2002; Ribaski & Rakocevic, 2002; Andrade et al., 2003).

A otimização do uso da área, preparo do solo, insumos e diversificação da produção tornam sistemas agrossilvipastoris mais complexos que os sistemas de produção convencionais. Portanto, necessita-se de maior número de pesquisas sobre formas de implantação, componentes agrícolas e florestais, manejo e exploração. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de *Brachiaria brizantha* sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto no cerrado de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e caracterização da área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na Fazenda Riacho, de propriedade da Companhia Mineira de Metais (CMM Agroflorestral), sob as mesmas condições edafoclimáticas descritas no item 2.1 do Capítulo 2.

2.2 Descrição do experimento

O experimento foi instalado em dezembro de 1999, da maneira descrita no item 2.2 do Capítulo 2. Após as culturas agrícolas (arroz e soja), foi realizado o plantio de *Brachiaria brizantha*, em dezembro de 2001, por meio de semeadura a lanço (10 kg/ha). O ensaio consistiu de diferentes arranjos estruturais do sistema agrossilvipastoril com *Eucalyptus* spp., para os quais avaliaram-se, em abril de 2002, a produtividade e aspectos de qualidade da forragem, no primeiro ano de formação da pastagem.

O delineamento utilizado foi blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, estudou-se o efeito de sete arranjos estruturais do sistema agrossilvipastoril: (3x3)+10m, (3x4)+7m, (3x4)+10m, (3x4)+7+10m, (3x3)+15m, 10x3m, e 10x4m. As parcelas experimentais foram as mesmas descritas na Tabela 1 do Capítulo 2.

Os tratamentos das subparcelas corresponderam a avaliações realizadas na linha e na entrelinha de plantio, sendo esta exatamente ao centro da entrelinha mediana da parcela útil e a primeira entre duas plantas da linha mediana no centro da parcela útil.

O modelo estatístico que descreveu as observações do experimento sobre os diferentes arranjos estruturais, na linha e entrelinha de plantio, foi o que segue:

$$Y_{ijkl} = \mu + t_i + b_j + tb_{ij} + p_k + tp_{ik} + e_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} é o efeito dos arranjos estruturais i , na linha e entrelinha de plantio k , no bloco j ;

μ é uma constante;

t_i é o efeito dos arranjos estruturais i , $i = 1, 2, 3, \dots, 7$;

b_j é o efeito do bloco j , $j = 1, 2, 3, 4$;

tb_{ij} é o erro (a), da interação dos arranjos estruturais i com os blocos j ;

p_k é o efeito da avaliação na linha e entrelinha de plantio k , $k = 1, 2$;

tp_{ik} é o efeito da interação dos arranjos estruturais i com linha e entrelinha de plantio k ;

e_{ijkl} é o erro experimental (b).

2.3 Avaliações

2.3.1 Produtividade de matéria natural

Em cada arranjo estrutural foram realizadas avaliações na linha e na entrelinha de plantio. Foram demarcados 2 m^2 com um quadro de madeira, exatamente ao centro da entrelinha mediana da parcela útil, para avaliação da entrelinha, e entre duas plantas da linha mediana no centro da parcela útil para avaliação da linha. Nas áreas demarcadas, todas as plantas foram cortadas 10 cm acima do solo e pesadas, transformando-se os valores em kg/ha.

2.3.2 Produtividade de matéria seca

Foram retiradas amostras de 300 g de matéria natural da linha e entrelinha de cada arranjo estrutural, obedecendo ao número de quatro repetições. As amostras foram colocadas em sacos de papel e em estufa com ventilação forçada, a 65°C, até atingirem estabilização do peso. A porcentagem de matéria seca em cada amostra correspondia ao teor de matéria seca.

A produtividade de matéria seca foi calculada por meio do produto do teor de matéria seca com a produção de matéria natural em cada parcela, sendo os valores transformados em kg/ha.

2.3.3 Teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) na matéria seca

As amostras retiradas para avaliação do teor de matéria seca em cada parcela, após a secagem em estufa, foram moídas em moinho tipo Wiley e enviadas para laboratório, para a determinação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) na matéria seca, segundo o método de Van Soest (1994).

2.3.4 Teores de macro e micronutrientes na parte aérea

As amostras de matéria seca moída foram enviadas para laboratório de análise foliar, para determinação dos teores de macro e micronutrientes na parte aérea da forrageira (Malavolta et al., 1997). Por digestão itroperclórica foram obtidos extratos da matéria seca da parte aérea, a exceção do B, no qual a extração ocorreu por via seca. O teor de N foi determinados pelo método Semi-Micro Kjeldahl, os teores de P e B por colorimetria, K por fotometria de chama, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica e S por turbidimetria.

2.3.5 Teor de proteína bruta na forragem

O teor de proteína bruta foi calculado mediante a multiplicação do teor de N, em porcentagem, pelo fator de correção (6,25) em cada arranjo.

2.4 Análises estatísticas

Após análise de homogeneidade de variâncias, verificou-se a necessidade de transformação dos dados de matéria natural e matéria seca, que foram transformados em *Log x*. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância, fazendo-se os devidos desdobramentos, quando necessário. Para os efeitos significativos de tratamentos da parcela (arranjos estruturais), aplicou-se às médias o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para os efeitos significativos verificados nas subparcelas, referentes a linha e entrelinha de plantio, aplicou-se o teste t ($P < 0,05$). Utilizaram-se os programas estatísticos SISVAR e EXCEL, para execução das análises.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se verificar, pelos dados apresentados na Tabela 7B (anexos), que os efeitos dos arranjos e linha e entrelinha foram significativos, mas independentes com relação à disponibilidade de matéria natural e matéria seca. Ou seja, a diferença na produção de forragem na linha e entrelinha de plantio foi detectada independentemente do arranjo e vice-versa. Houve diferença significativa da interação linha e entrelinha com os arranjos estruturais para FDN e FDA.

Matéria natural e seca apresentaram os mesmos resultados estatísticos, sendo que as maiores produtividades foram obtidas no arranjo (3 x 3)+10m, o qual não diferiu estatisticamente dos demais, exceto o 10 x 3m, que apresentou produção de biomassa significativamente inferior (Tabela 1). Em geral, os valores obtidos foram baixos, média de 1,8 t/ha de matéria seca, comparado a 3,1 t/ha no período chuvoso, encontrados por Costa et al. (1998). Deve-se considerar que, no período seco, tais autores verificaram 1,6 t/ha de matéria seca para o *B. brizantha*, o que coincide com a avaliação do presente estudo, em abril de 2002, quando a precipitação foi bastante reduzida (Figura 3A, em anexo).

Carvalho et al. (1998) encontraram produtividades para esta forrageira, de 3,05 t/ha no primeiro corte e 1,06 t/ha no segundo corte (dois meses depois do primeiro). Este rendimento de forragem representou, respectivamente, 43% e 38% do que foi produzido pela gramínea a pleno sol. A *B. brizantha* produziu no período seco, sob povoamento de eucalipto no espaçamento 3,33 x 3m, 2,0 t/ha de matéria seca, segundo Costa & Townsend (2002).

Vale mencionar a cobertura do solo acima de 95% e a produtividade ao redor de 4,5 t/ha de matéria seca de *B. brizantha* cv. Marandu, obtidas por Andrade et al. (2003), em cultivo solteiro e consorciado com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão, na mesma região de cerrado do presente estudo.

TABELA 1 – Matéria natural e matéria seca de *Brachiaria brizantha* em diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., no primeiro ano de formação da pastagem, em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos	Matéria natural (t/ha)	Matéria seca (t/ha)
(3x3)+10 m	7,07 a	2,79 a
(3x4)+7 m	3,44 ab	1,42 ab
(3x4)+10 m	5,47 ab	2,11 ab
(3x4)+7+10 m	5,18 ab	1,91 ab
(3x3)+15 m	4,17 ab	1,80 ab
10 x 3 m	2,45 b	1,06 b
10 x 4 m	3,84 ab	1,63 ab
Média geral	4,52	1,82

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste Tukey (P<0,05).

Considerando a baixa quantidade de chuvas no mês da avaliação da forrageira (abril de 2002) (Figura 3A), deve-se destacar que a biomassa produzida pela *B. brizantha* cv. Marandu na época seca representa apenas 10%-20% da produção anual (Soares Filho, 2001).

Quanto à produção de forragem na linha e na entrelinha, a matéria natural (Figura 1) e matéria seca (Figura 2) foram sempre maiores na entrelinha de plantio, possivelmente em razão de ausência ou menor competição proporcionada pelo eucalipto.

Estes resultados confirmam as discussões científicas apresentadas por Porfírio da Silva et al. (1999), avaliando *B. brizantha* em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*. Os autores observaram maior produção de matéria seca da gramínea sob a copa das árvores, onde a radiação fotossinteticamente ativa foi menor, o que justificou-se pela interação, mais positiva que na entrelinha, da

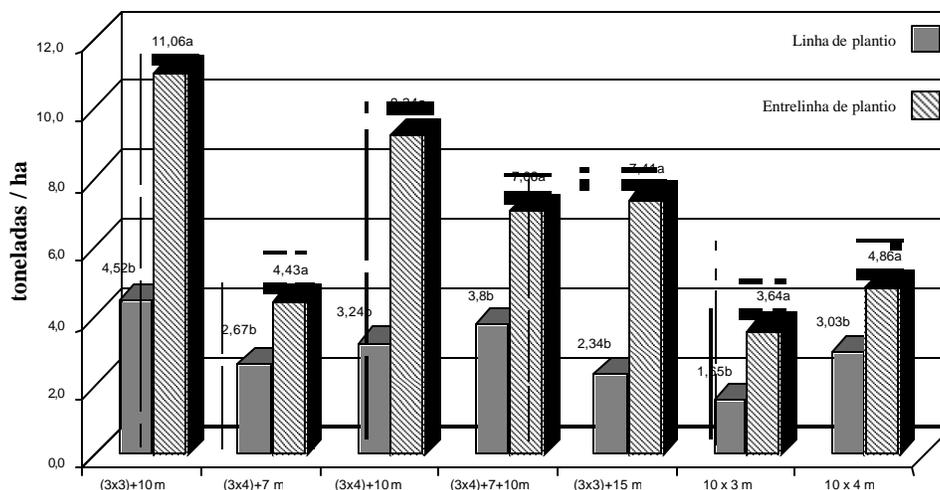


FIGURA 1. Matéria natural de *Brachiaria brizantha* na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp. (Para cada arranjo, médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

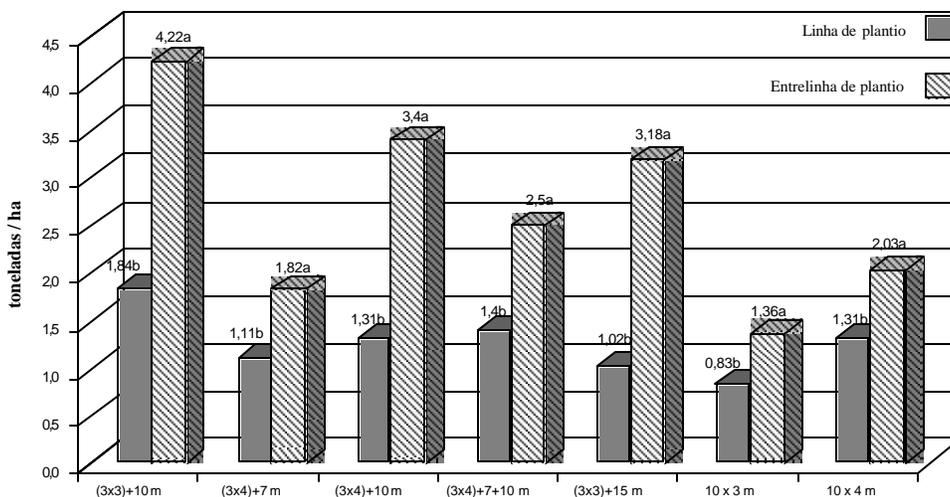


FIGURA 2. Matéria seca de *Brachiaria brizantha* na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp. (Para cada arranjo, médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

radiação solar com outros fatores de produção (umidade, temperatura e fertilidade do solo). Foi citado que, em um dia de verão, a temperatura ao centro da entrelinha atingiu 8°C a mais que sob a copa das árvores, o que pode ter promovido efeitos negativos no processo fotossintético, por meio do fechamento dos estômatos e limitação à entrada de CO₂ na folha.

À sombra, o efeito da alta luminosidade sobre a elevação da temperatura pode ser atenuado. Embora a produção de matéria seca na entrelinha tenha sido superior à linha no presente estudo (Figura 2), as radiações fotossinteticamente ativa, solar global e iluminância (respectivamente: Figuras 1, 2 e 3. Capítulo 3), em geral, foram menores na entrelinha de plantio dos diferentes arranjos. Portanto, vale ressaltar que a braquiária sombreada foi que apresentou maior produção de matéria seca neste trabalho.

Pode-se dizer que ao longo do ano há maior incidência de sombra do que luz na entrelinha dos arranjos, tendo em vista que, para o local do estudo, o sombreamento na linha e a radiação solar na entrelinha ocorrem em sua plenitude somente nos meses de fevereiro (Tabela 1. Capítulo 3) e novembro (Andrade et al., 2002).

A maior produção de forragem na entrelinha de plantio também condiz com as constatações de Ribaski & Rakocevic (2002). Estes autores atribuíram à competição, principalmente por água, o menor desempenho da braquiária sob a copa das árvores. Isto também pode ter ocorrido no presente estudo.

A maior radiação solar incidente na linha pode ter ocasionado maior evapotranspiração e, conseqüentemente, menor disponibilidade hídrica para o eucalipto e a braquiária, dificultando o acúmulo de forragem pela gramínea.

Destaca-se ainda, que o preparo do solo e adubação, para o cultivo de arroz e soja, pode ter favorecido as condições edáficas para a braquiária na entrelinha. Por outro lado, pode-se dizer que as condições de solo, em termos de fertilidade, também foram favoráveis à braquiária na linha, tendo em vista que

não houve cultivo de arroz e soja e foi realizada adubação em cobertura do eucalipto. Desta maneira, o efeito residual da adubação das culturas agrícolas e do eucalipto na braquiária pode ser considerado equivalente para linha e entrelinha de plantio.

Os resultados para FDN e FDA (Tabela 2) mostraram que não houve diferença significativa entre os arranjos quanto à FDN na linha. Mas, na entrelinha, a maior porcentagem de fibra foi encontrada na forragem sob o arranjo (3 x 3)+10m e a menor nos arranjos (3 x 4)+7m e (3 x 3)+15m.

Para FDA, não encontrou-se diferença significativa entre os arranjos. Porém, avaliando-se os arranjos separadamente, na entrelinha dos arranjos (3 x 4)+7m e (3 x 3)+15m, observaram-se menores valores de FDA na forragem de braquiária em relação à linha.

TABELA 2 – Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de *Brachiaria brizantha*, na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., no primeiro ano de formação da pastagem, em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos	FDN (%)			FDA (%)		
	Linha	Entrelinha	Média	Linha	Entrelinha	Média
(3x3)+10 m	74,92 aA	76,98 a A	75,95 a	41,19 aA	41,77 aA	41,48 a
(3x4)+7 m	73,84 aA	71,40 bA	72,62 a	43,14 aA	39,48 aB	41,31 a
(3x4)+10 m	72,08 aA	74,39 abA	73,24 a	39,21 aA	40,78 aA	39,99 a
(3x4)+7+10m	74,48 aA	73,13 abA	73,80 a	42,36 aA	41,32 aA	41,84 a
(3x3)+15 m	74,11 aA	70,68 bB	72,39 a	43,90 aA	38,73 aB	41,31 a
10 x 3 m	71,75 aA	74,35 abA	73,05 a	40,99 aA	40,55 aA	40,77 a
10 x 4 m	72,22 aA	73,07 abA	72,65 a	42,82 aA	42,64 aA	42,73 a
Média geral	73,35 A	73,43 A		41,94 A	40,75 B	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste Tukey (P<0.05), e as seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem pelo teste t (P<0,05).

Deve-se ressaltar que os valores médios de FDN (acima de 72%) e FDA (ao redor de 40%) estão de acordo com os encontrados por outros autores. Gomes (2003) constatou 78,56% de FDN e 49,56% de FDA na forragem de *B. brizantha* avaliada no mês de abril, em condição climática semelhante à do presente estudo (Figura 3A). Outros autores, como Aroeira et al. (2004), encontraram valores de FDN de 70,2% a 79,7% e os de FDA de 35,3% a 46,5%, o que implicou em baixa digestibilidade da forragem de *B. decumbens*.

Durante o período da avaliação, foram observadas algumas plantas próximas à fase de floração, o que é indicativo de maturidade do pasto. Sabe-se que o avanço do estágio de maturação da forrageira implica em maior lignificação da biomassa, de maneira que a produção dos componentes potencialmente digestíveis, como os carboidratos solúveis, proteínas e minerais, tende a decrescer e a fibra, a aumentar (Leite & Euclides, 1994; Gomes, 2003).

Ademais, Castro et al. (1998) verificaram diminuição de 10% na digestibilidade de *Brachiaria* sp., em função do aumento nos teores de lignina em caule e folhas, o qual está relacionado ao teor de fibras na forragem [FDN? 72,5% (folhas) a 82,5% (colmos) e FDA? 33,5% (folhas) a 45% (colmos)] (Castro, 1996).

O resumo das análises de variância referentes aos teores de macro e micronutrientes na biomassa da braquiária é apresentado nas Tabelas 8B e 9B (anexos).

A avaliação da composição química da forragem revelou que a interação foi significativa para as porcentagens de magnésio (Mg) e ferro (Fe) na forragem. Diferenças significativas entre a forragem de braquiária na linha e entrelinha de plantio do eucalipto foram encontradas quanto ao teor de potássio (K), cálcio (Ca), manganês (Mn) e zinco (Zn). Verificou-se efeito significativo dos arranjos para teores de enxofre (S), boro (B), zinco (Zn) e Fe. E não houve diferença significativa entre arranjos ou entre linha e entrelinha para

porcentagem de nitrogênio (N), teor de proteína bruta, fósforo (P) e cobre (Cu). Os valores médios para estas variáveis que não apresentaram diferença significativa são apresentados na Tabela 3.

Quanto ao teor de N, resultado semelhante foi constatado por Mochiutti & Meirelles (2000), que não detectaram diferença significativa no teor de proteína bruta na pastagem de *B. brizantha* sob plantio de eucalipto.

A concentração de N na parte aérea de *B. decumbens* também não foi afetada significativamente pela densidade arbórea, exceto em uma avaliação na época das águas, sendo o efeito atribuído mais ao período do que ao número de árvores por hectare, em estudos de Carvalho et al. (2002). No entanto, Silva (1999) observou aumento do teor de N e porcentagem de proteína bruta na forragem em espaçamentos maiores.

TABELA 3 – Teores de nitrogênio (N), proteína bruta (PB), fósforo (P) e cobre (Cu) na biomassa de *Brachiaria brizantha* em diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* spp., no primeiro ano de formação da pastagem, em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos	N --- g/kg --	PB --- % ---	P ----- g/kg ----	Cu --- mg/kg ---
(3x3)+10 m	8,88	5,55	1,28	51,87
(3x4)+7 m	9,71	6,07	1,38	42,75
(3x4)+10 m	9,86	6,16	1,54	37,62
(3x4)+7+10 m	11,12	6,95	1,42	49,75
(3x3)+15 m	11,62	7,26	1,28	53,50
10 x 3 m	9,05	5,65	1,52	48,75
10 x 4 m	8,77	5,48	1,52	52,41
Média geral	9,86	6,16	1,42	48,10

Vários autores também registraram aumento no teor de N e, conseqüentemente, de proteína bruta na forragem sombreada (Castro, 1996; Wilson, 1996; Carvalho et al., 1997; Cruz, 1997; Castro et al., 1998; Porfírio da Silva & Mazuchowski, 1999; Ribaski & Rakocevic, 2002).

A proteína bruta existente na forragem da braquiária sob os diferentes arranjos foi superior aos valores médios ao redor de 3,0%, encontrados por Gomes (2003). Contudo, foi considerada baixa ou próxima ao limite estabelecido por Minford & Minson (1966), citados por Gomes (2003). Estes autores citaram que o teor de proteína bruta é um dos principais fatores que limitam o desempenho dos animais em pastagens tropicais. O nível crítico na dieta, abaixo do qual o consumo é reduzido por deficiência de N, foi estimado em 7,0%. A média geral observada na forragem do capim braquiária sob diferentes arranjos do sistema agrossilvipastoril estudado é inferior a este valor (Tabela 3).

Deve-se ressaltar que a biomassa avaliada incluiu material verde e em senescência ou morto. Considerando que os animais são seletivos e consomem somente componentes da pastagem de maior valor nutritivo, é provável que o conteúdo de proteína na braquiária sob os arranjos do sistema não sejam limitantes ou sejam em menor intensidade que o apresentado.

A concentração de P, semelhante entre os tratamentos, está de acordo com os resultados de Costa & Townsend (2002), avaliando a resposta de gramíneas forrageiras ao sombreamento por eucalipto.

Os teores de Mg e Fe foram influenciados pelo arranjo e localização no sub-bosque do sistema agrossilvipastoril (Tabela 4). Quanto ao Mg, não houve diferença entre os arranjos na linha. Na entrelinha de plantio, os maiores teores de Mg na braquiária foram encontrados nos arranjos (3 x 4)+7m, (3 x 4)+7+10m e (3 x 3)+15m.

TABELA 4 – Teores de magnésio (Mg) e ferro (Fe) da biomassa de *Brachiaria brizantha*, na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., no primeiro ano de formação da pastagem, em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos	Mg (g/kg)			Fe (mg/kg)		
	Linha	Entrelinha	Média	Linha	Entrelinha	Média
(3x3)+10 m	2,47 aA	2,82 abA	2,65 a	52,55 aA	59,52 abcA	56,03 ab
(3x4)+7 m	2,62 aB	3,27 a A	2,95 a	54,72 bA	93,37 a A	74,05 a
(3x4)+10 m	2,60 aA	2,30 bA	2,45 a	45,17 aA	44,75 bcA	44,96 bc
(3x4)+7+10 m	2,72 aB	3,52 a A	3,12 a	48,80 aA	68,86 ab A	58,83 ab
(3x3)+15 m	2,25 aB	3,17 a A	2,71 a	55,82 aA	31,70 cA	43,76 bc
10 x 3 m	2,90 aA	2,95 abA	2,92 a	35,00 aA	33,37 bcA	34,18 bc
10 x 4 m	2,87 aA	3,02 abA	2,95 a	22,30 aA	32,52 bcA	27,41 c
Média geral	2,63 B	3,01 A		44,91 A	52,01 A	

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0.05). E as seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem pelo teste t (P<0,05).

O valor médio da concentração de Mg para todos os arranjos também foi maior na entrelinha (Tabela 4). Teores semelhantes de Mg foram registrados por Costa et al. (1998) e Costa & Townsend (2002). A sombra na entrelinha, conforme constatado nas Figuras 1, 2 e 3 do Capítulo 3, proporcionou maior teor de Mg na forragem, corroborando com Castro et al. (2001), que constataram maior concentração de Mg nas folhas de *B. brizantha*, em função da presença deste elemento na molécula de clorofila, aumentada nas folhas em função da luminosidade reduzida.

Os teores de Fe foram iguais estatisticamente para linha e entrelinha no sub-bosque do eucalipto. E foram maiores na braquiária cultivada sob os arranjos (3 x 4)+7m, (3 x 4)+7+10m e (3 x 3)+10m.

Independente do arranjo, os maiores teores de K, Ca e Mn foram encontrados na braquiária cultivada sob a linha de plantio (Figuras 3 e 4). O teor de Zn foi exceção, sendo maior na entrelinha (Figura 4).

Carvalho et al. (1997), Cruz (1997) e Porfírio da Silva & Mazuchowski (1999) citaram que a concentração de K é mais alta nas folhas das gramíneas que crescem sob a copa das árvores. Carvalho et al. (2002) constataram que a arborização de uma pastagem de *B. decumbens*, na densidade de 20%-30% da área, contribuiu para aumentar a concentração de K e Mg na forragem, na época das águas.

No arranjo (3 x 3)+10m, verificou-se o maior teor de S na biomassa da parte aérea da braquiária e menores teores de B e Zn (Tabela 5).

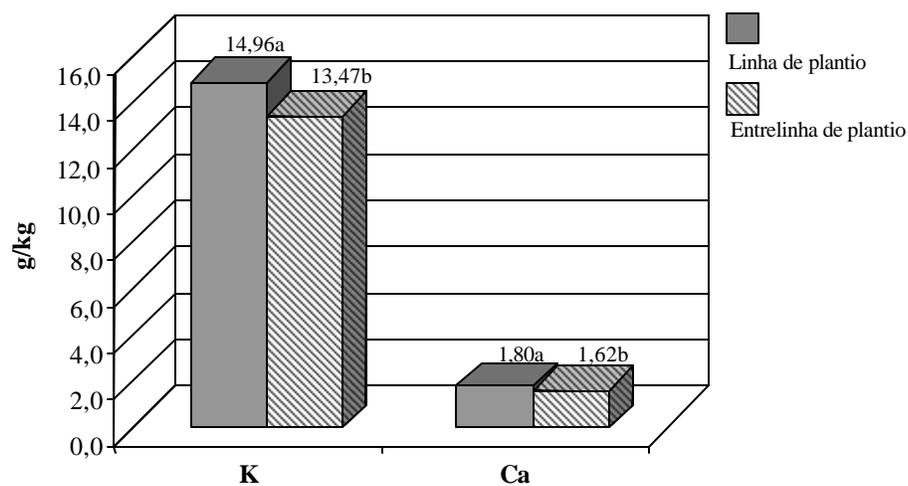


FIGURA 3. Teores de potássio (K) e cálcio (Ca) da biomassa de *Brachiaria brizantha*, na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp. (Para cada nutriente, médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

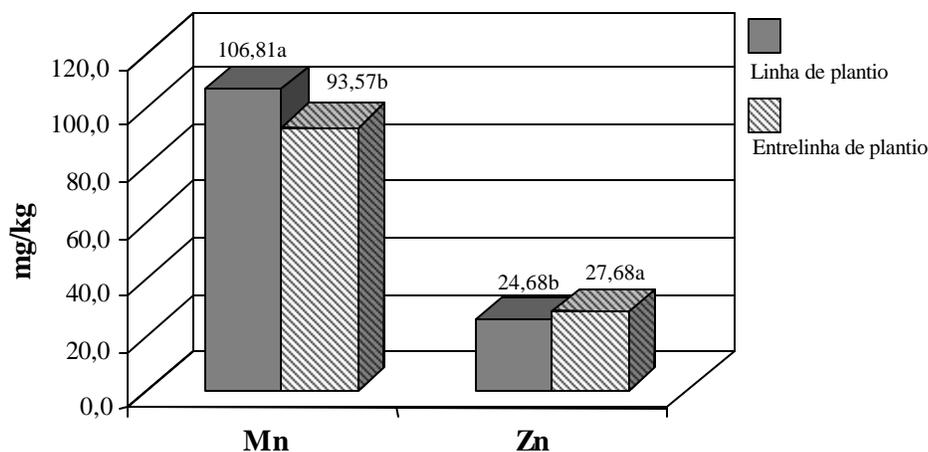


FIGURA 4. Teores de manganês (Mn) e zinco (Zn) da biomassa de *Brachiaria brizantha*, na linha e na entrelinha de plantio de diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp. (Para cada nutriente, médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste t. $P < 0,05$). UFLA, Lavras, MG, 2005.

TABELA 5 – Teores de enxofre (S), boro (B) e zinco (Zn) na biomassa de *Brachiaria brizantha* em diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* spp., no primeiro ano de formação da pastagem, em Paracatu, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Arranjos	S	B	Zn
	--- g/kg ---	----- mg/kg -----	
(3x3)+10 m	1,08 a	20,04 b	22,47 b
(3x4)+7 m	0,96 ab	20,78 ab	27,88 ab
(3x4)+10 m	0,67 bc	21,58 ab	26,05 ab
(3x4)+7+10 m	0,70 bc	21,55 ab	29,75 a
(3x3)+15 m	0,52 c	21,08 ab	22,41 b
10 x 3 m	0,76 abc	22,40 ab	29,48 ab
10 x 4 m	0,66 bc	24,52 a	25,18 ab
Média geral	0,76	21,71	26,17

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

4 CONCLUSÕES

A forragem disponível (matéria natural e matéria seca) foi sempre maior na entrelinha (sombreada) do que na linha de plantio, independente do arranjo.

Os variados arranjos do sistema agrossilvipastoril praticamente não provocaram variação no teor de fibras na forragem de *B. brizantha*.

Não houve diferença entre arranjos ou linha e entrelinha para teor de N e P na forragem.

Os teores de Ca, K e Mn, na forragem da braquiária, foram maiores sob as linhas de plantio do eucalipto.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. M. S. de; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, A. L. de. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1845-1850, nov./dez. 2003. (Suplemento, 2).

AROEIRA, L. J. M.; PACIULLO, D. S. C.; MACEDO, R.; ALVIM, M. J.; CARVALHO, M. M. Sistema silvipastoril para recria de novilhas leiteiras: aspectos morfológicos, produtivos e qualitativos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS. SAFs: desenvolvimento com proteção ambiental, 5., 2004, Curitiba. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2004. p. 131-133 (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

BAGGIO, A. J.; SILVA, V. P. Métodos de implatação de sistemas silvipastoris na região de arenito caiuí, Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: no contexto da qualidade ambiental e competitividade 2., 1998, Belém, PA. **Resumos expandidos...** Belém: Embrapa Trópico Úmido, 1998. p. 189-191.

CARVALHO, M. M. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1998. 37 p. (EMBRAPA-CNPGL. Documentos, 64).

CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; FREITAS, V. de P.; VERNEQUE, R. da S. Sustentabilidade de uma pastagem arborizada de *Brachiaria decumbens* em solo de baixa fertilidade natural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 2002. (CD-ROM).

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. de P.; FRANCO, E. T. Comportamento de gramíneas forrageiras tropicais em associação com árvores. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: No contexto da qualidade ambiental e competitividade 2., 1998, Belém, PA. **Resumos expandidos...** Belém: Embrapa CPATU, 1998. p. 195-197.

CARVALHO, M. M.; SILVA, J. L. O. da; CAMPOS JÚNIOR, B. de A. Produção de matéria seca e composição mineral de forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico-vermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 213-218, mar./abr. 1997.

CASTRO, C. R. T. de. **Tolerância de gramíneas forrageiras tropicais ao sombreamento**. 1996. 247 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

- CASTRO, C. R. T.; CARVALHO, M. M. **Sistemas silvipastoris: relatos de pesquisa e de seu uso no Brasil.** Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 1999. 24 p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 53).
- CASTRO, C. R. T. de; CARVALHO, M. M.; GARCIA, R.; COUTO, L. Efeito do sombreamento artificial sobre o valor nutritivo de seis gramíneas forrageiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: no contexto da qualidade ambiental e competitividade, 2, 1998, Belém, PA. **Resumos expandidos...** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. p. 23-25.
- CASTRO, C. R. T. de; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. de P. Efeitos do sombreamento na composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1959-1968, nov./dez. 2001.
- COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R. Desempenho agrônomo de gramíneas forrageiras tropicais sob sombreamento de eucaliptos na Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 2002. (CD-ROM).
- COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. G. de A. Avaliação agrônoma de gramíneas forrageiras sob sombreamento de seringal adulto. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: no contexto da qualidade ambiental e competitividade, 2., 1998, Belém, PA. **Resumos expandidos...** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. p. 201-203.
- COUTO, L.; ROATH, R. L.; BETTLERS, D. R. Cattle and sheep in eucalypt plantation: a silvopastoral alternative in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 28, n. 2, p. 173-185, 1994.
- CRUZ, P. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C₄ perennial grass under field conditions. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 188, n. 2, p. 227-237, Jan. 1997.
- GOMES, V. M. **Disponibilidade e valor nutritivo de braquiária vedada para uso na região semi-árida de Minas Gerais.** 2003. 99 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- LEITE, G. G.; EUCLIDES, V. P. Utilização de pastagens de *Brachiaria* spp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 267-297.
- MACEDO, R. L. G.; FURTADO, S. C.; OLIVEIRA, T. K. de; GOMES, J. E. Caracterização e manejo dos principais sistemas silvipastoris e

agrossilvipastoris. In: MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. p. 90-137.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARQUES, L. C. T. **Comportamento inicial de paricá, tatajuba e eucalipto em plantio consorciado com milho e capim-marandu, em Paragominas, Pará**. 1990. 92 p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MELO, J. T. *Eucalyptus grandis* e *Pinus oocarpa* consorciado com culturas e pastagens em áreas de cerrado. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa Florestas, 1991. p. 95-108.

MOCHIUTTI, S.; MEIRELLES, P. R. de L. Estabelecimento de clones de eucalipto em pastagens na região de cerrados do Amapá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: Manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural, 3., 2000, Manaus. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 171-173. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 7).

MONTOYA, L. J.; MAZUCHOWISKY, J. Z. Estado da arte dos SAF's na Região Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA/CNPF, 1994. p. 77-96.

OLIVEIRA, T. K. de; FURTADO, S. C.; ANDRADE, C. M. S. de; FRANKE, I. L. **Sugestões para implantação de sistemas silvipastoris**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2003. 28 p. (Embrapa Acre. Documentos, 84).

PILLAR, V. D. P.; BOLDRINI, I. I.; LANGE, O. Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 753-761, jun. 2002.

PORFÍRIO DA SILVA, V.; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Sistemas silvipastoris**: paradigma dos pecuaristas para a agregação de renda e qualidade. Curitiba: Emater Paraná, 1999. 52 p. (Série Informação Técnica. 50).

PORFÍRIO DA SILVA, V.; VIEIRA, A. R. R.; CARAMORI, P. H.; BAGGIO, A. J. A radiação fotossinteticamente ativa e a produção de pastagem em sistema silvipastoril. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. p. 2260-2266. (CD-ROM).

- PORFÍRIO DA SILVA, V.; VIEIRA, A. R. R.; CARAMORI, P. H.; BAGGIO, J. A. Sombras e ventos em sistema silvipastoril no noroeste do Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: no contexto da qualidade ambiental e competitividade, 2., 1998, Belém, PA. **Resumos expandidos...** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. p. 215-218.
- RIBASKI, J.; OLIVEIRA, M. C.; CRUZ, S. C. Avaliação de um sistema silvipastoril em região semi-árida, envolvendo a consorciação de eucalipto com pastagens. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais. 1993. v. 3, p. 268-269.
- RIBASKI, J.; RAKOCEVIC, M. Disponibilidade e qualidade da forragem de braquiária (*Brachiaria brizantha*) em um sistema silvipastoril com eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) no noroeste do Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida, 4. , 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 2002. (CD-ROM).
- SCHREINER, H. G. Variabilidade de um sistema silvipastoril em solos de areia quartzosa no estado de São Paulo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 33-38, 1988.
- SILVA, J. M. S. da. **Estudo silvicultural e econômico do consórcio de *Eucalyptus grandis* com gramíneas sob diferentes espaçamentos em áreas acidentadas** . 1999. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SOARES FILHO, C. V. **Avaliação de dez gramíneas forrageiras na região noroeste do Estado de São Paulo** . 2001. 117 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Cornell: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VEIGA, J. B.; SERRÃO, E. A. S. Sistemas silvipastoris e produção animal nos trópicos: a experiência da Amazônia brasileira. In: PASTAGENS, Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 37-68.
- WILSON, J. R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collington, v. 47, p. 1075-1093, 1996.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os arranjos adotados para o eucalipto em sistemas agrossilvipastoris dependem da finalidade do produto final e da estratégia adotada para o manejo do povoamento. Em geral, comprovou-se que obtém-se árvores com maiores dimensões nos espaçamentos mais amplos, porém, práticas como desbastes podem ser executadas. A escolha da melhor alternativa deve ser fundamentada por uma análise econômica do empreendimento.

Considerado que o sistema agrossilvipastoril nos diferentes arranjos foi avaliado em uma fase jovem da floresta, pode-se destacar a tendência de estagnação ou redução da taxa de crescimento nos espaçamentos mais adensados como 3,33 x 2m e 3,33 x 3m, e ainda a provável impossibilidade de consórcio no arranjo 5 x 2m, tendo em vista a condição de luminosidade reduzida, semelhante aos mais adensados, na idade de quatro anos.

O desempenho superior do crescimento do eucalipto em linhas simples, com relação às duplas de área útil semelhante, também é um fator relevante, além da formação da pastagem de braquiária no sub-bosque de eucalipto.

Os sistemas agrossilvipastoris com eucalipto descritos no trabalho podem ser considerados adequados para conciliar as atividades agrícolas, pecuárias e florestais, sendo aplicáveis tanto por agricultores, quando por empresas florestais e pecuaristas.

A adoção destes sistemas poderia ser realizada gradativamente, em pequenas áreas da propriedade, considerando as adaptações técnicas fundamentais para cada local, e também do ponto de vista operacional das fazendas e empresas.

As áreas de cerrado ocupadas com sistemas agrossilvipastoris surgiriam como alternativas para o aumento da sustentabilidade dos sistemas de produção na região.

ANEXOS

ANEXO A

	Página
Figura 1A. Representação gráfica da temperatura máxima [Temp Máx (C)] (°C), temperatura mínima [Temp Mín (C)] (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (UR), no período de dezembro de 1999 a dezembro de 2000, na fazenda Riacho, em Paracatu, MG (dados fornecidos pela Companhia Mineira de Metais S.A.). UFLA, Lavras, MG, 2005.....	135
Figura 2A. Representação gráfica da temperatura máxima [Temp Máx (C)] (°C), temperatura mínima [Temp Mín (C)] (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (UR), para o ano de 2001, na fazenda Riacho, em Paracatu, MG (dados fornecidos pela Companhia Mineira de Metais S.A.). UFLA, Lavras, MG, 2005.	136
Figura 3A. Representação gráfica da temperatura máxima [Temp Máx (C)] (°C), temperatura mínima [Temp Mín (C)] (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (UR), para o ano de 2002, na fazenda Riacho, em Paracatu, MG (dados fornecidos pela Companhia Mineira de Metais S.A.). UFLA, Lavras, MG, 2005.	137
Figura 4A. Representação gráfica da temperatura máxima [Temp Máx (C)] (°C), temperatura mínima [Temp Mín (C)] (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (UR), para o ano de 2003, na fazenda Riacho, em Paracatu, MG (dados fornecidos pela Companhia Mineira de Metais S.A.). UFLA, Lavras, MG, 2005.	138
Figura 5A. Representação gráfica da temperatura máxima [Temp Máx (C)] (°C), temperatura mínima [Temp Mín (C)] (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (UR), no período de janeiro a julho de 2004, na fazenda Riacho, em Paracatu, MG (dados fornecidos pela Companhia Mineira de Metais S.A.). UFLA, Lavras, MG, 2005.	139

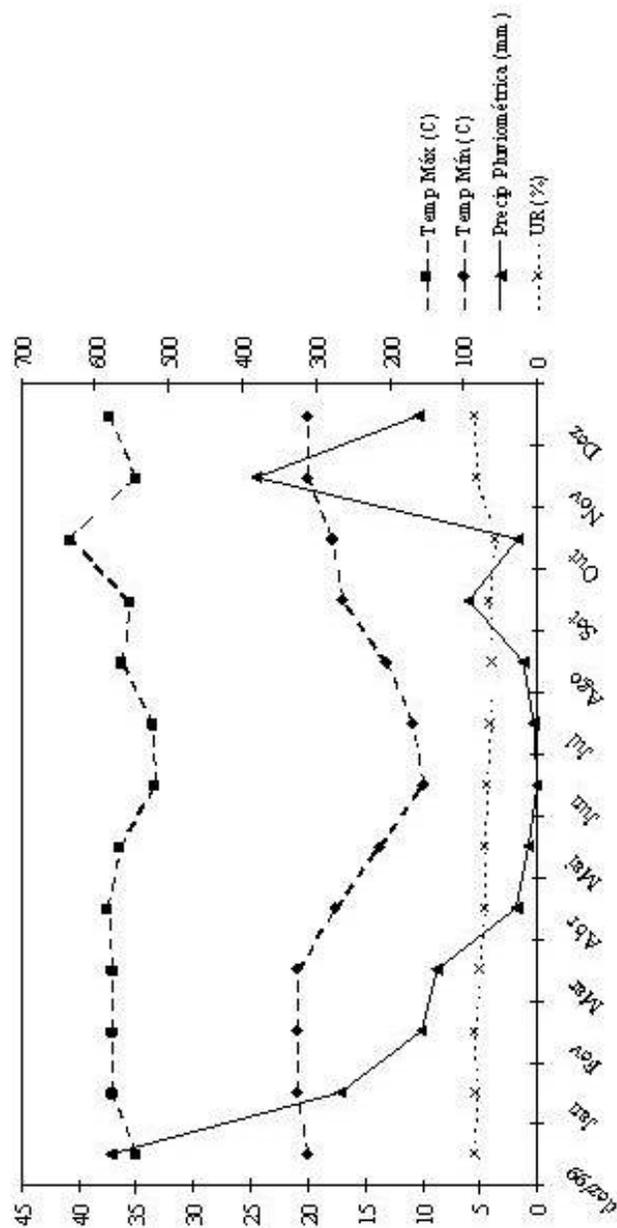


FIGURA 1A. Representação gráfica da temperatura máxima [Temp Máx (°C)] (°C), temperatura mínima [Temp Mín (°C)] (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (UR), no período de dezembro de 1999 a dezembro de 2000, na fazenda Fiacho, em Paracatu, MG (dados fornecidos pela Companhia Mineira de Metais – CIMM Agrofloresta). UFLA, Lavras, MG, 2005.

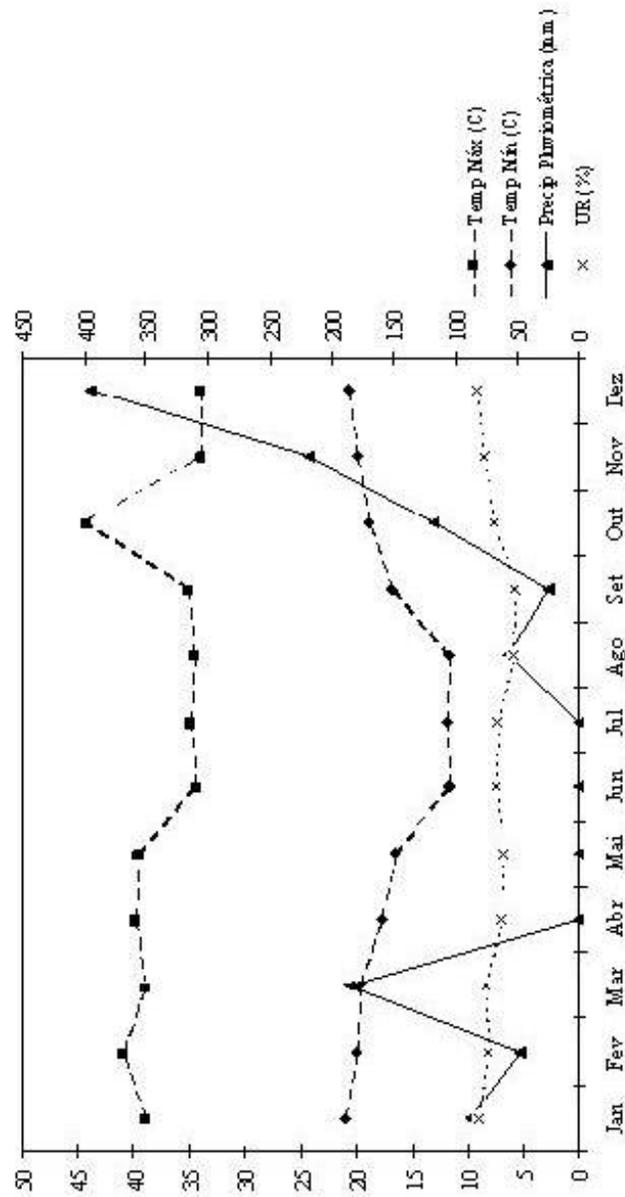


FIGURA 2A. Representação gráfica da temperatura máxima [Temp Máx (°C)] (°C), temperatura mínima [Temp Mín (°C)] (°C), precipitação plviométrica (mm) e umidade relativa do ar (UR), para o ano de 2011, na fazenda Riacho, em Paracatu, MG (dados fornecidos pela Companhia Mineira de Metais – CMM Agroflorestal). UFLA, Lavras, MG, 2005.

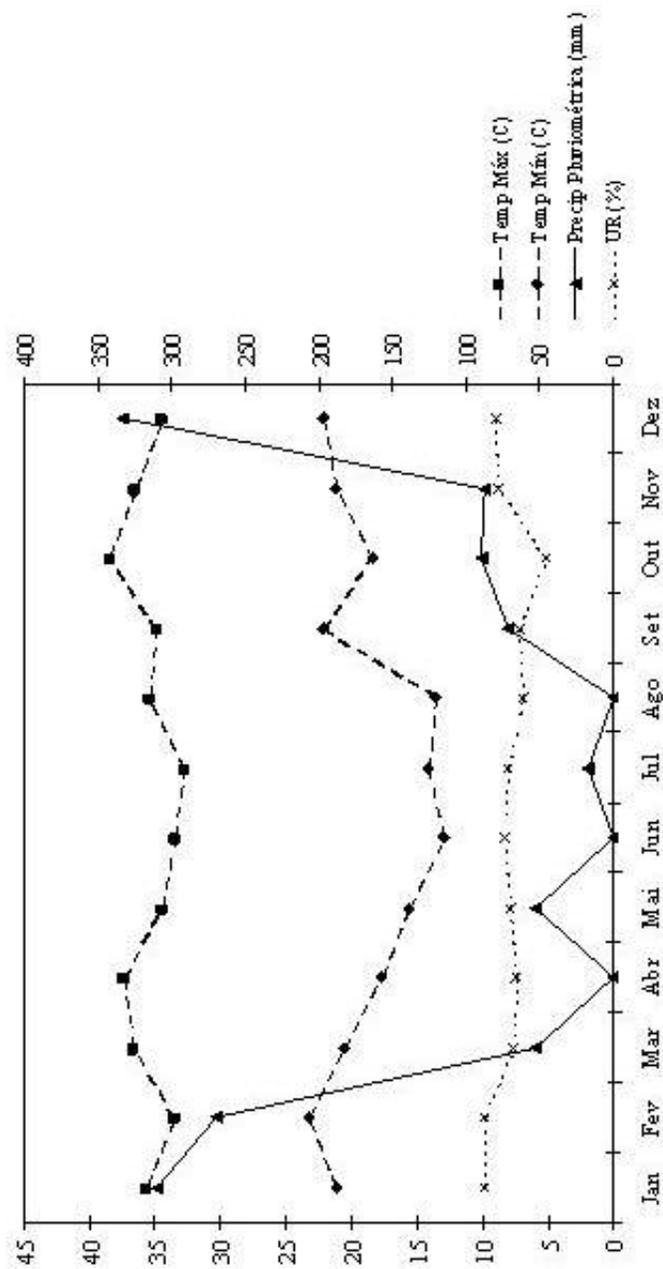


FIGURA 3A. Representação gráfica da temperatura máxima [Temp Máx (°C)], temperatura mínima [Temp Mín (°C)], precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (UR), para o ano de 2002, na fazenda Riacho, em Paracatu, MG (dados fornecidos pela Companhia Mineira de Metais – CIMM Agrofloresta). UFLA, Lavras, MG, 2005.

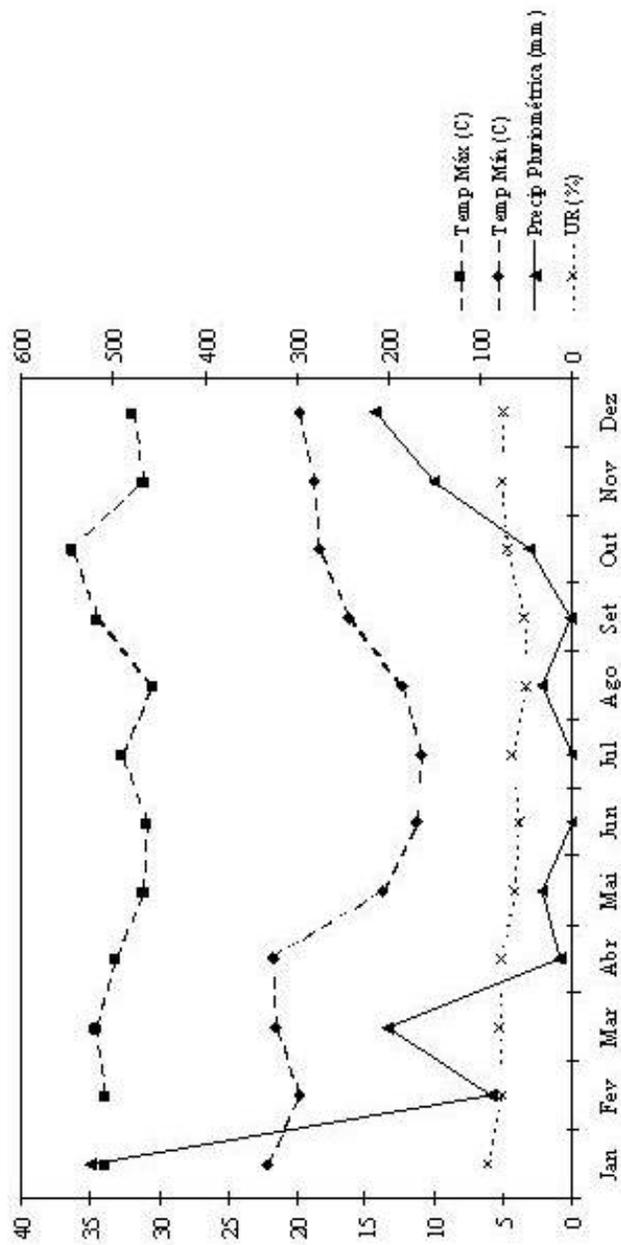


FIGURA 4A. Representação gráfica da temperatura máxima [Temp Máx (C)] (C), temperatura mínima [Temp Mín (C)] (C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (UR), para o ano de 2003, na fazenda Riacho, em Paracatu, MG (dados fornecidos pela Companhia Mineira de Metais – CMM Agroflorestal). UFLA, Lavras, MG, 2005.

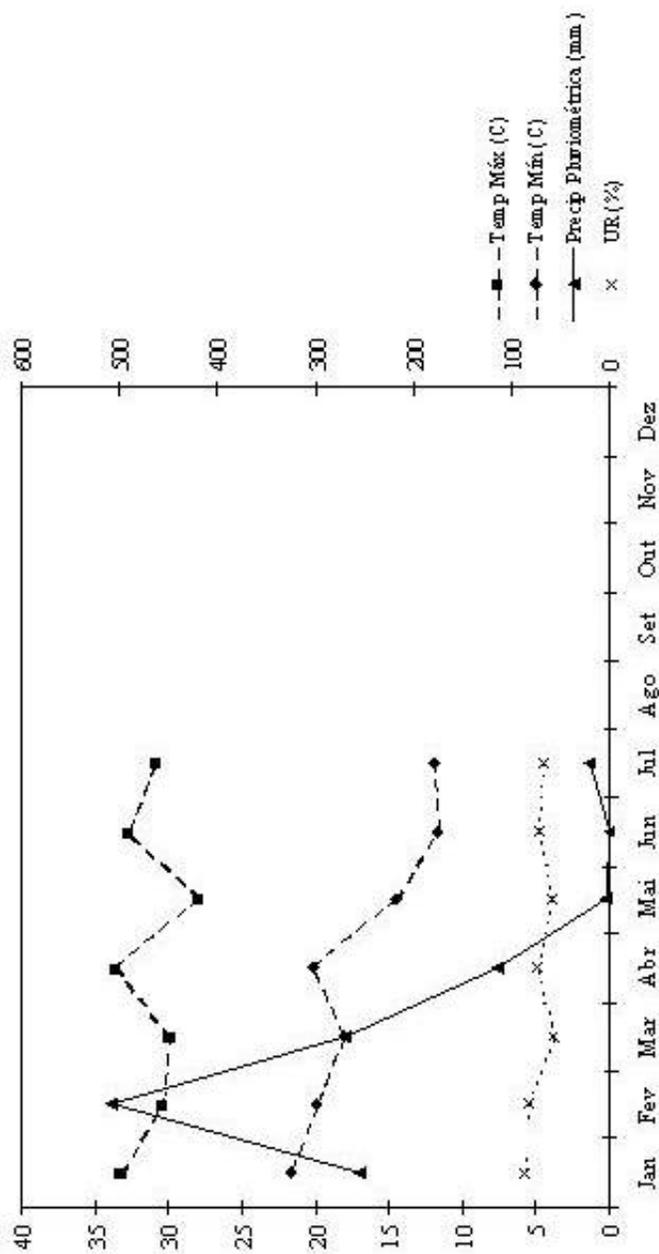


FIGURA 5A. Representação gráfica da temperatura máxima [Temp Máx (°C)] (°C), temperatura mínima [Temp Mín (°C)] (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (UR), no período de janeiro a julho de 2004, na fazenda Riacho, em Paracatu, MG (dados fornecidos pela Companhia Mineira de Metais – CMM Agrofloresta). UFLA, Lavras, MG, 2005.

ANEXO B

	Página
TABELA 1B – Resumo das análises de variância dos dados referentes a diâmetro a altura do peito (DAP), altura de plantas (H), área basal por planta e por hectare (G), volume por planta e por hectare (V) e incremento médio anual (IMA), para <i>Eucalyptus</i> sp. em diferentes sistemas agrossilvipastoris, avaliados aos 18, 27, 38 e 51 meses após o plantio. UFLA, Lavras, MG, 2005.	142
TABELA 2B – Resumo das análises de variância dos dados referentes ao incremento corrente anual (ICA) em volume de madeira de <i>Eucalyptus</i> sp. em diferentes sistemas agrossilvipastoris, avaliados aos 27, 38 e 51 meses após o plantio. UFLA, Lavras, MG, 2005.	143
TABELA 3B – Resumo das análises de variância dos dados referentes a projeção de copa na entrelinha (PCEL) e área de projeção de copa (APC) por planta e por hectare, em diferentes sistemas agrossilvipastoris com <i>Eucalyptus</i> sp., avaliados aos 27, 38 e 51 meses após o plantio. UFLA, Lavras, MG, 2005.	144
TABELA 4B – Resumo das análises de variância dos dados referentes a densidade de fluxo de fótons (DFF), radiação solar global (RSG) e iluminância (ILU) em diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com <i>Eucalyptus</i> sp. aos 27 meses após o plantio. UFLA, Lavras, MG, 2005.	145
TABELA 5B – Resumo das análises de variância dos dados referentes a densidade de fluxo de fótons (DFF), radiação solar global (RSG) e iluminância (ILU) em diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com <i>Eucalyptus</i> sp. aos 38 meses após o plantio. UFLA, Lavras, MG, 2005.	146

TABELA 6B – Resumo das análises de variância dos dados referentes a densidade de fluxo de fótons (DFF), radiação solar global (RSG) e iluminância (ILU) em diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com <i>Eucalyptus</i> sp. aos 54 meses após o plantio. UFLA, Lavras, MG, 2005.	147
TABELA 7B – Resumo das análises de variância dos dados referentes a matéria fresca (MF), matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da biomassa de <i>Brachiaria brizantha</i> em diferentes sistemas agrossilvipastoris com <i>Eucalyptus</i> sp., no primeiro ano de formação da pastagem. UFLA, Lavras, MG, 2005.	148
TABELA 8B – Resumo das análises de variância dos dados referentes aos teores de macronutrientes da biomassa de <i>Brachiaria brizantha</i> em diferentes sistemas agrossilvipastoris com <i>Eucalyptus</i> sp., no primeiro ano de formação da pastagem. UFLA, Lavras, MG, 2005.	149
TABELA 9B – Resumo das análises de variância dos dados referentes aos teores de micronutrientes da biomassa de <i>Brachiaria brizantha</i> em diferentes sistemas agrossilvipastoris com <i>Eucalyptus</i> sp., no primeiro ano de formação da pastagem. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	150

TABELA 1B – Resumo das análises de variância de variância dos dados referentes a diâmetro a altura do peito (DAP), altura de plantas (H), área basal por planta e por hectare (G), volume por planta e por hectare (V) e incremento médio anual do volume por hectare (IMAVol/ha), para *Eucalyptus* sp. em diferentes sistemas agrossilvipastoris, avaliados aos 18, 27, 38 e 51 meses após o plantio. UFPA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios									
		DAP (cm)	H (m)	G/plt (m ² /plt)	G/ha (m ² /ha)	V/plt (m ³ /plt)	V/ha (m ³ /ha)	IMAVol/ha (m ³ /ha)			
Blocos	4	0,657	0,456	0,00000400	0,716	0,00029	51,258	4,317			
Arranjos	10	52,431**	6,707**	0,00026600**	92,330**	0,01428**	3431,941**	432,067**			
Resíduo (a)	40	1,181	1,180	0,00000500	1,542	0,00039	109,762	12,178			
Epocas	3	915,283**	1762,762**	0,00346600**	824,009**	0,34153**	82167,724**	2946,469**			
Resíduo (b)	12	0,095	0,228	0,00000094	0,179	0,00011	20,176	1,302			
Arranjos*Epocas	30	6,966**	2,538**	0,00004800**	1,150**	0,00466**	188,764**	4,253**			
Resíduo (c)	120	0,098	0,269	0,00000082	0,129	0,00010	17,475	0,833			
Total	219										
CV (%) (a)		8,71	7,80	16,26	17,48	22,15	22,60	24,40			
CV (%) (b)		2,47	3,43	7,19	5,97	11,76	9,69	7,98			
CV (%) (c)		2,51	3,73	6,71	5,06	11,15	9,02	6,38			
Média Geral		12,473	13,928	0,0134836	7,102	0,08907	46,356	14,30			

GL: graus de liberdade. **: significativo pelo teste F, a 1% de probabilidade.

TABELA 2B – Resumo das análises de variância dos dados referentes ao incremento corrente anual (ICA) em volume de madeira de *Eucalyptus* sp. em diferentes sistemas agrossilvipastoris, avaliados aos 27, 38 e 51 meses após o plantio. UFPA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios	
		ICA	
Blocos	4		26,213
Arranjos	10		324,273**
Resíduo (a)	40		29,524
Epocas	2		13750,209**
Resíduo (b)	8		15,409
Arranjos*Epocas	20		62,952**
Resíduo (c)	80		13,685
Total	164		
CV (%) (a)			18,13
CV (%) (b)			13,10
CV (%) (c)			12,34
Média Geral			29,974

GL: graus de liberdade. **: significativo pelo teste F, a 1% de probabilidade.

TABELA 3B – Resumo das análises de variância dos dados referentes à projeção de copa na entrelinha (PCEL) e área de projeção de copa (APC) por planta e por hectare, em diferentes sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., avaliados aos 27, 38 e 51 meses após o plantio. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		PCEL (m)	APC/plt (m ² /plt)	APC/ha (m ² /ha)
Blocos	4	0,030967	1,197274	192336,817
Arranjos	7	0,607698**	147,387169**	8340562,967**
Resíduo (a)	28	0,040234	1,615445	223829,866
Epocas	2	9,502102**	1,162239	40381,760
Resíduo (b)	8	0,013227	0,601655	109673,810
Arranjos*Epocas	14	0,366489**	7,290289**	975383,448**
Resíduo (c)	56	0,009695	0,410424	65489,903
Total	119			
CV (%) (a)		7,59	9,62	9,26
CV (%) (b)		4,35	5,87	6,48
CV (%) (c)		3,73	4,85	5,01
Média Geral		2,641	13,210	5107,468

GL: graus de liberdade. **: significativo pelo teste F, a 1% de probabilidade.

TABELA 4B – Resumo das análises de variância dos dados referentes a densidade de fluxo de fótons (DFF), radiação solar global (RSG) e iluminância (ILU) em diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvopastoris com *Eucalyptus* sp., aos 27 meses após o plantio. UFPA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		DFF ¹ (μmol)	RSG ¹ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	ILU ¹ (klux)
Blocos	4	0,200266*	0,093222	0,044295
Arranjos	9	0,729502**	0,243746**	0,504300**
Resíduo (a)	36	0,071464	0,060159	0,061401
Av L EL	1	1,016280**	0,497158**	1,115575**
Arranjos*Av L EL	9	0,364378**	0,207144**	0,339971**
Resíduo (b)	40	0,086301	0,045595	0,079805
Total	99			
CV (%) (a)		9,71	9,42	16,55
CV (%) (b)		10,67	8,21	18,87
Média Geral		2,752322	2,602395	1,497409

¹ Dados transformados em Log x; Av L EL: avaliação na linha e na entrelinha de plantio; GL: graus de liberdade. * e **: significativo pelo teste F, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 5B – Resumo das análises de variância dos dados referentes a densidade de fluxo de fótons (DFF), radiação solar global (RSG) e iluminância (ILL) em diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., aos 38 meses após o plantio. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		DFF ¹ (μmol)	RSG ¹ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	ILL ¹ (khx)
Blocos	4	0,053008	0,019780	0,028176
Arranjos	9	0,517674**	0,215477**	0,450539**
Resíduo (a)	36	0,025122	0,015582	0,028584
Av L EL	1	4,671611**	2,815134**	4,767821**
Arranjos*Av L EL	9	0,177073**	0,066506**	0,159699**
Resíduo (b)	40	0,027652	0,020312	0,024756
Total	99			
CV (%) (a)		5,38	4,46	10,07
CV (%) (b)		5,64	5,09	9,37
Média Geral		2,947719	2,797350	1,679598

¹ Dados transformados em Log x; Av L EL: avaliação na linha e na entrelinha de plantio; GL: graus de liberdade. **: significativo pelo teste F, a 1% de probabilidade.

TABELA 6B – Resumo das análises de variância dos dados referentes a densidade de fluxo de fótons (DFF), radiação solar global (RSG) e iluminância (ILU) em diferentes arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., aos 54 meses após o plantio. UFPA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		DFF ¹ (μmol)	RSG ¹ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	ILU ¹ (klux)
Blocos	4	0,044491	0,006508	0,088386
Arranjos	7	0,147652*	0,107087**	0,134771*
Resíduo (a)	28	0,047050	0,028611	0,051485
Av L EL	1	0,244729*	0,066714	0,135560
Arranjos*Av L EL	7	0,348894**	0,160943**	0,359659**
Resíduo (b)	32	0,056334	0,032842	0,036158
Total	79			
CV (%) (a)		8,15	6,62	16,99
CV (%) (b)		8,92	7,09	14,23
Média Geral		2,660838	2,554497	1,333887

¹ Dados transformados em Log x; Av L EL: avaliação na linha e na entrelinha de plantio; GL: graus de liberdade. * e **: significativo pelo teste F, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 7B – Resumo das análises de variância dos dados referentes à matéria natural (MN), matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da biomassa de *Brachiaria brizantha* em diferentes sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., no primeiro ano de formação da pastagem. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		MN ¹ (kg/ha)	MS ¹ (kg/ha)	FDN (%)	FDA (%)	
Blocos	3	0,212*	0,166*	1,722	2,458	
Arranjos	6	0,181*	0,140*	12,023	5,777	
Resíduo (a)	18	0,045	0,040	5,179	5,639	
Av L EL	1	1,622**	1,291**	0,098	19,837*	
Arranjos*Av L EL	6	0,026	0,028	12,187*	11,419*	
Resíduo (b)	21	0,014	0,011	3,460	4,426	
Total	55					
CV (%) (a)		5,85	6,20	3,10	5,74	
CV (%) (b)		3,21	3,31	2,53	5,09	
Média Geral		3,63	3,24	73,39	41,35	

¹ Dados transformados em Log x; Av L EL: avaliação na linha e na entrelinha de plantio; GL: graus de liberdade. * e ** significativos pelo teste F, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 8B – Resumo das análises de variância dos dados referentes aos teores de macrominerais da biomassa de *Brachiaria brizantha* em diferentes sistemas agrossilvipastoris com *Eucalyptus* sp., no primeiro ano de formação da pastagem. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios							
		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)		
Blocos	3	0,010249	0,000060	0,002640	0,00188	0,001707	0,000298		
Arranjos	6	0,100217	0,000958	0,024041	0,00219	0,004202	0,002979**		
Resíduo (a)	18	0,059051	0,000396	0,016531	0,00180	0,001918	0,000448		
Av L EL	1	0,190945	0,000579	0,309029**	0,00429*	0,019687**	0,000350		
Arranjos*Av L EL	6	0,028115	0,000620	0,034449	0,00167	0,003904**	0,000450		
Resíduo (b)	21	0,051786	0,000348	0,017494	0,00098	0,000840	0,000245		
Total	55								
CV (%) (a)		24,64	13,96	9,04	24,77	15,51	27,55		
CV (%) (b)		23,07	13,08	9,30	18,25	10,27	20,39		
Média Geral		0,988250	0,142500	1,421786	0,17125	0,282321	0,076786		

Av L EL: avaliação na linha e na entrelinha de plantio; GL: graus de liberdade. * e ***: significativo pelo teste F, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 9B – Resumo das análises de variância de variância dos dados referentes aos teores de micronutrientes da biomassa de *Brachiaria brizantha* em diferentes sistemas agrossilvopastoris com *Eucalyptus* sp., no primeiro ano de formação da pastagem. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		B (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	
Blocos	3	5,7156	1,561135	627,8596	14,3702	891,3279*	
Arranjos	6	16,6162*	2,713349	364,0831	74,0406*	2001,2493**	
Resíduo (a)	18	5,1205	1,277135	384,4555	19,2983	273,7432	
Av L EL	1	19,6591	0,153302	2455,2257**	125,9100**	706,5923	
Arranjos*Av L EL	6	7,1760	0,669135	171,2032	30,7241	760,3643*	
Resíduo (b)	21	5,4309	0,834516	227,3023	12,5352	284,9479	
Total	55						
CV (%) (a)		10,42	23,50	19,57	16,78	34,14	
CV (%) (b)		10,73	18,99	15,05	13,52	34,83	
Média Geral		21,7121	4,809464	100,1893	26,1780	48,4628	

Av L EL: avaliação na linha e na entrelinha de plantio; GL: graus de liberdade. * e ** significativos pelo teste F, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.