

FABIANA LOPES RAMOS DE OLIVEIRA

**CONSÓRCIO DE MILHO E CAPIM-MARANDU PARA RENOVAÇÃO DE
PASTAGEM ESTABELECIDADA COM EUCALIPTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

O48c
2014
Oliveira, Fabiana Lopes Ramos de, 1984-
Consórcio de milho e capim-marandu para renovação
de pastagem estabelecida com eucalipto : ... / Fabiana Lopes
Ramos de Oliveira. - Viçosa, MG, 2014.
xv, 62f. : il. ; 29 cm.

Orientador : Dilermando Miranda da Fonseca.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.54-62.

1. Cultivo consorciado. 2. Milho - Cultivo. 3. Capim-
marandu - Cultivo. 4. Pastagem. 5. Agrossilvicultura.
6. Eucalipto. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Zootecnia. Doutorado em Zootecnia.
II. Título.

CDD 22. ed. 631.58

FABIANA LOPES RAMOS DE OLIVEIRA

**CONSÓRCIO DE MILHO E CAPIM-MARANDU PARA RENOVAÇÃO DE
PASTAGEM ESTABELECIDADA COM EUCALIPTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 10 de outubro de 2014.

Márcia Vitória Santos
(Coorientadora)

Domingos Sávio Queiróz

Rogério de Paula Lana

Lino Roberto Ferreira

Dilermando Miranda da Fonseca
(Orientador)

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém
ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”
(Arthur Schopenhauer)*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade da vida e pelo caminho percorrido até aqui.

À minha mãe Celia Maria Lopes e ao meu pai Ailton Ramos, exemplos de amor, dedicação, respeito e carinho, sem os quais não poderia nunca estar nesta caminhada; e ao meu irmão Fernando Lopes, pelo amor, pela amizade e pelo companheirismo.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Dilermando Miranda da Fonseca, pela amizade, pelo ótimo convívio pessoal e profissional, pela valiosa orientação, compreensão, pelo apoio e pelos ensinamentos.

À Professora Márcia Vitória Santos, pela coorientação, amizade, pelo incentivo e pela confiança.

Aos Professores João Carlos Cardoso Galvão e Rasmô Garcia, pela coorientação, amizade e ajuda prestada.

Aos Professores Lino Roberto Ferreira, Rogério de Paula Lana e ao Dr. Domingos Sávio de Queiróz, pela disponibilidade e pelas contribuições na banca de defesa da tese.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFV, pelos ensinamentos e pela excelente convivência.

Aos funcionários dos Departamentos de Zootecnia e Fitotecnia da UFV, pela ajuda prestada e amizade.

Aos estagiários (as) Maria Júlia, Cimara, Karoliny, Andressa e Daiana, pelo esforço constante, pela ajuda imprescindível e pela amizade.

Aos meus amigos do Departamento de Zootecnia, pelo apoio durante a realização dos trabalhos e pelo convívio agradável; e aos meus amigos da pós-graduação, pela ajuda e amizade.

À minha amiga Anne Caroline, pela amizade, ajuda, pelo carinho e pela compreensão; e aos meus amigos Rodrigo Lopes, Leonardo, Délcio, Nathalie e Paula, pelo apoio, carinho, pelos momentos de convivência e pela felicidade.

BIOGRAFIA

FABIANA LOPES RAMOS DE OLIVEIRA, filha de Celia Maria Lopes de Oliveira e Ailton Ramos de Oliveira, nasceu em 21 de julho de 1984, na cidade de Nova Friburgo, Rio de Janeiro.

Em 2004, ingressou no Curso de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, graduando-se em julho de 2009.

Em agosto de 2009, iniciou o Curso de Mestrado em Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, em Montes Claros, onde realizou treinamento de pós-graduação e desenvolveu pesquisas na área de Agroecologia, com Sistemas Agrossilvipastoris, submetendo-se à defesa da Dissertação em julho de 2011.

Em agosto de 2011, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Zootecnia da UFV, quando desenvolveu pesquisas na Área de Forragicultura, com enfoque em Recuperação de Áreas Degradadas e Sistemas Agrossilvipastoris, submetendo-se à defesa de Tese em 10 de outubro de 2014.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Sistema agrossilvipastoril.....	4
2.1.1. Componentes do sistema	5
2.1.1.1. Cultura do milho	5
2.1.1.2. <i>Brachiaria</i> nos sistemas agrossilvipastoris.....	7
2.1.1.3. Eucalipto nos sistemas agrossilvipastoris	8
2.1.2. Arranjo espacial e densidade de plantio	9
2.1.3. Influência do sombreamento no crescimento do pasto.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Caracterização do local e condições edafoclimáticas.....	12
3.2. Histórico da área experimental	14
3.3. Procedimentos para renovação da pastagem.....	18
3.4. Delineamento experimental	19
3.4.1. Milho	19

	Página
3.4.2. Capim-marandu	20
3.5. Avaliações.....	20
3.5.1. Milho	20
3.5.2. Capim-marandu	21
3.6. Estatística	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1. Milho	24
4.2. Capim-marandu	34
5. CONCLUSÕES.....	53
6. REFERÊNCIAS	54

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Temperaturas máximas e mínimas, umidade relativa do ar e precipitação pluvial, durante o período experimental (novembro 2012 a setembro de 2013), em Viçosa, MG	13
2. Características químicas de amostras de solo da camada de 0-20 cm de profundidade em unidades experimentais, cultivadas com eucalipto em sistema agrossilvipastoril e cultivo a pleno sol, em Viçosa, MG	15
3. Número de árvores por arranjo, altura total, diâmetro à altura do peito (DAP), volume por árvore, volume por hectare e sombreamento aos 110 e 145 DAS, no dossel do milho e no dossel da forrageira, em sistema agrossilvipastoril, em Viçosa, MG	16
4. Número de plantas de milho por hectare de área plantada e por hectare no sistema plantado, aos 110 dias após a semeadura (DAS) em sistema agrossilvipastoril e em pleno sol, em Viçosa, MG	25
5. Altura de plantas de milho, altura de inserção de espiga (m), circunferência do colmo (cm) e número de espigas por planta de milho, de dois híbridos de milho em diferentes arranjos de árvores de eucalipto, em sistema agrossilvipastoril e em pleno sol aos 110 dias após a semeadura (DAS), em Viçosa, MG	27

	Página
6. Produção de massa verde e massa seca (corrigida em kg ha ⁻¹ sistema cultivado) de híbridos de milho aos 110 dias após a semeadura (DAS), cultivados com capim-marandu em diferentes espaçamentos de árvores de eucalipto, em sistemas agrossilvipastoris e em pleno sol, em Viçosa, MG.....	29
7. Produção de grãos de milho (kg ha ⁻¹ e corrigida para kg ha ⁻¹ sistema cultivado) de híbridos de milho aos 110 dias após a semeadura (DAS), cultivados com capim-marandu em diferentes espaçamentos de árvores de eucalipto, em sistemas agrossilvipastoris e em pleno sol, em Viçosa, MG.....	30
8. Massa de 100 grãos, comprimento de espiga, porção da espiga sem grão, número de grãos por espiga e relação peso do grão/peso da espiga de híbridos de milho aos 110 dias após a semeadura (DAS), cultivados com capim-marandu em diferentes espaçamentos de árvores de eucalipto, em sistemas agrossilvipastoris e em pleno sol, em Viçosa, MG.....	32
9. Número de plantas (número m ⁻²) de capim-marandu aos 30, 110 e 145 dias após a semeadura (DAS), cultivado em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4), em sistemas silvipastoris com dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG	34
10. Altura de plantas (cm) de capim-marandu aos 110 e 145 dias após a semeadura (DAS), cultivado em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4), em sistemas silvipastoris com dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG	36
11. Comprimento de perfilhos estendidos (cm) de capim-marandu aos 30, 110 e 145 dias após a semeadura (DAS), cultivado em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4), em sistemas silvipastoris com dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG.....	37
12. Densidade populacional de perfilhos (número m ⁻²) de capim-marandu aos 110 e 145 dias após a semeadura (DAS) em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG.....	38

13. Produção de massa seca (kg ha^{-1}) de capim-marandu aos 110 e 145 dias após a semeadura (DAS), em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG.....	40
14. Porcentagem de lâmina foliar verde (LFV), colmo verde (CV), forragem morta (FM) e relação lâmina foliar/colmo (L/C) de capim-marandu aos 110 e 145 dias após a semeadura (DAS) em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG.....	42
15. Altura de plantas (cm) de capim-marandu aos 90 e 150 dias após a colheita do milho (DAC) no estabelecimento do pasto em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG.....	45
16. Densidade populacional de perfilhos (número m^{-2}) de capim-marandu aos 90 e 150 dias após a colheita do milho (DAC) no estabelecimento do pasto em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG.....	46
17. Produção de massa seca (kg ha^{-1}) de capim-marandu aos 90 e 150 dias após a colheita do milho (DAC) no estabelecimento do pasto em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG.....	48
18. Porcentagem de lâmina foliar verde (LFV), colmo verde (CV), forragem morta (FM) e relação lâmina foliar/colmo (L/C) de capim-marandu aos 90 e 150 dias após a colheita do milho (DAC) no estabelecimento do pasto em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG.....	50

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Altura (m) de plantas de dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) às distâncias de 2, 4 e 6 m das fileiras de árvores de eucalipto em dois arranjos de sistemas agrossilvipastoris (12x2 e 12x4 m), aos 110 dias após a semeadura, em Viçosa, MG (Letras minúsculas comparam híbridos de milho dentro de cada distância, e letras maiúsculas comparam distâncias)	25

RESUMO

OLIVEIRA, Fabiana Lopes Ramos de, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2014. **Consórcio de milho e capim-marandu para renovação de pastagem estabelecida com eucalipto**. Orientador: Dilermando Miranda da Fonseca. Coorientadora: Márcia Vitória Santos.

O restabelecimento da capacidade produtiva das plantas forrageiras em sistemas agrossilvipastoris pode ser obtido com o retorno de culturas produtoras de grãos pela integração lavoura-pecuária-floresta (sistema agrossilvipastoril). Assim, foi proposto este trabalho para avaliar a renovação de pastagem por meio do consórcio de milho e forrageira em diferentes arranjos de eucalipto estabelecidos em sistemas agrossilvipastoris, há cinco anos. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, no período de setembro de 2012 a setembro de 2013. Na avaliação da produtividade de milho, os tratamentos foram esquematizados no fatorial $(2 \times 2) + 2$, sendo dois híbridos de milho (BM 207 e BM 502) em consórcio com a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) e dois arranjos entre árvores de eucalipto (12x2 e 12x4 m), mais duas testemunhas: os dois híbridos de milho em pleno sol (monocultivo). Já na avaliação da produtividade do capim-marandu os tratamentos foram esquematizados no esquema fatorial $(3 \times 2) + 1$, sendo três modelos de renovação de pastagem: o primeiro com capim-marandu + árvores de

eucalipto, formando sistema silvipastoril e outros dois utilizando dois híbridos de milho em consórcio com o capim-marandu, formando o sistema agrossilvipastoril; e os dois arranjos entre árvores de eucalipto (12x2 e 12x4 m) e uma testemunha: capim-marandu em pleno sol. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com três repetições, e as unidades experimentais possuíam 144 m². Foram avaliadas as seguintes características: aos 30 dias após a semeadura (DAS), número de plantas de milho e capim-marandu; aos 110 DAS, número de plantas de milho e capim-marandu, altura de plantas de milho e capim-marandu, altura de inserção de espiga, circunferência do colmo de milho, número de espigas por planta de milho, altura de perfilho estendido do capim-marandu e número de perfilhos, porcentagem de lâminas foliares verdes, colmo verde, forragem morta e relação lâmina foliar/colmo (L/C) do capim-marandu, produção de massa verde e seca do milho e capim-marandu; e aos 145 DAS foi avaliada a produção de milho grão, bem como as mesmas características do capim-marandu. Aos 90 e 150 dias após a colheita do milho (DAC), mensuraram-se a altura de planta, número de perfilhos, porcentagem de lâminas foliares verdes, colmo verde, forragem morta, relação lâmina foliar/colmo e produção de massa seca do capim-marandu. A produtividade de grãos dos híbridos de milho BM 207 e BM 502, cultivados em sistemas agrossilvipastoris estabelecidos há cinco anos, é 35% e 34% inferior, respectivamente, ao cultivo em pleno sol e semelhante à média nacional em monocultivo, o que é vantajoso na recuperação de pastagens. A produtividade de massa verde a ser ensilada dos híbridos de milho BM 207 e BM 502, cultivados em sistemas agrossilvipastoris estabelecidos há cinco anos, é 40% e 56% inferior, respectivamente, ao cultivo em pleno sol. A utilização dos híbridos de milho BM 207 e BM 502 não influenciaram a renovação do pasto de capim-marandu consorciado com plantas de eucalipto, estabelecidas há cinco anos, apresentando características morfológicas ideais para o estabelecimento do pasto. Os sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris, nos espaçamentos 12x2 e 12x4 de eucalipto, são potenciais para a renovação de pastagens com capim-marandu, mesmo após cinco anos do plantio de eucalipto.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Fabiana Lopes Ramos de, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2014. **Corn and marandu grass intercropping for renovation of pasture established with eucalyptus**. Adviser: Dilermando Miranda da Fonseca. Co-Adviser: Márcia Vitória Santos.

The restoration of productive capacity of forage crops in agroforestry systems can be obtained with the return of grain crops by crop-livestock-forest integration (agrosilvopastoral system). Thus, this work was proposed to evaluate the pasture renewal through corn and forage intercropping in different eucalyptus arrangements established in agroforestry systems, five years ago. The experiment was conducted at the Federal University of Viçosa, in Viçosa, from September 2012 to September 2013. Assessing corn yield, treatments were outlined in the factorial of $(2 \times 2) + 2$, two of them being corn hybrids (BM 207 and BM 502) intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (marandu grass), and two arrangements between eucalyptus trees (12x2 and 12x4 m), plus two controls: the two corn hybrids in full sun (monoculture). In the assessment of marandu grass yield, treatments were outlined in a factorial scheme $(3 \times 2) + 1$, three of them being pasture renewal models: the first with marandu grass + eucalyptus trees, forming silvopastoral system and two using two hybrids of corn intercropped with marandu grass, forming the agrosilvopastoral system; and the two arrangements between

eucalyptus trees (12x2 and 12x4 m) and a control: marandu grass in full sun. The experimental design was randomized complete block design with three replications, and the experimental units had 144 m². The following characteristics were evaluated: 30 days after sowing (DAS), number of corn and marandu grass plants; 110 DAS, number of corn and marandu grass plants, height of corn plants and marandu grass, ear insertion height, circumference of the corn stalk, number of ears per corn plant, extended tiller height of marandu grass and number of tillers, percentage of green leaf, green stem, dead forage and ratio leaf blade/stem (B / S) of marandu grass, green and dry weight production of corn and marandu grass; and 145 DAS the production of grain corn was assessed as well as the same characteristics of marandu grass. At 90 and 150 days after the corn harvest (DAH), it was measured: plant height, number of tillers, percentage of green leaf blades, green stem, dead forage, ratio leaf blade/stem and dry weight production of marandu grass. The grain yield of corn hybrids BM 207 and BM 502, grown in agroforestry systems established five years ago, is 35% and 34% lower, respectively, to the cultivation in full sun and similar to the national average in monoculture, which is advantageous in pasture recovery. The green weight yield to be ensiled of the corn hybrids BM 207 and BM 502, grown in agroforestry systems established five years ago, is 40% and 56% lower, respectively, growing in full sun. The use of corn hybrids BM 207 and BM 502 did not affect the renewal of marandu grass pasture intercropped with eucalyptus trees, established five years ago, with ideal morphology for the establishment of pasture. The silvopastoral and agroforestry systems in 12x2 and 12x4 spacings of eucalyptus are potentials for the renewal of pastures with marandu grass even after five years of the eucalyptus plantation.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento exponencial da demanda por produtos de origem animal, em decorrência da ampliação da população e da renda *per capita* de países emergentes como o Brasil, a intensificação da produção é uma solução, porém há necessidade de aprimorar novas tecnologias e explorar racionalmente os recursos naturais.

O Brasil ocupou em 2013 o primeiro lugar como detentor do maior rebanho bovino comercial do mundo (ABIEC, 2013), e isso pode estar relacionado com a grande extensão de áreas de pastagens disponíveis, clima favorável ao crescimento das gramíneas tropicais e utilização desses recursos nutricionais de baixo custo. Porém, nem sempre essa utilização é racional, levando à degradação dessas pastagens. Entre as várias causas da degradação, o manejo inadequado da pastagem resulta em áreas com perda de vegetação e solo exposto, propiciando erosão e perda de fertilidade.

Entre as diversas formas de recuperação e, ou, renovação das pastagens, os Sistemas Agrossilvipastoris, ou recentemente denominados Integração Lavoura-Pecuária Floresta (ILPF), surgem como opção de viável, pois associa árvores, cultura para produção de grãos e pasto e, ou, animais, de forma sequencial ou simultânea (BALBINO et al., 2011).

A consorciação de culturas agrícolas, silvícolas e forrageiras apresenta uma série de vantagens, tanto produtivas quanto ambientais, além

da melhoria do uso do solo. Com a associação à tecnologia do plantio direto, essa consorciação pode favorecer maior aporte de matéria orgânica, com melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (NEVES et al., 2009; SALTON et al., 2013; XAVIER et al., 2014).

Em sistemas agrossilvipastoris já estabelecidos, o processo de degradação também pode se iniciar em razão do manejo incorreto do pastejo e de espécies não adaptadas às condições edafoclimáticas (WENDLING, 2011). Nesse contexto, áreas de pastagens com plantas arbóreas, em sistemas silvipastoris ou agrossilvipastoris, com alto índice de sombreamento e competição por nutrientes entre espécies arbóreas e plantas forrageiras, pode acelerar a redução dos índices de produtividade. Desse modo, o restabelecimento das condições ótimas de crescimento e desenvolvimento da planta forrageira pode ser alcançado por meio da rotação com cultura de grão pela técnica de consórcio com o sistema agrossilvipastoril.

A recuperação e, ou, renovação das pastagens por meio dos sistemas agrossilvipastoris representam alternativa de renda extra ao pecuarista, oriunda dos grãos obtidos em curto espaço de tempo, além da melhoria da fertilidade do solo pelos resíduos dos fertilizantes aplicados às culturas, e após a colheita dos grãos, pasto formado com alta produtividade e valor nutritivo, o que resulta em maior desempenho dos animais (FREITAS et al., 2013; SANTOS et al., 2012).

O melhor desempenho dos animais também está associado à sombra proporcionada pelas árvores, que reduz a insolação e a temperatura ambiente, com reflexos positivos na performance produtiva e reprodutiva dos animais (LEME et al., 2005; PACIULLO et al., 2007) e negativos na produtividade e persistência das culturas de grãos, gramíneas e leguminosas forrageiras cultivadas no sistema agrossilvipastoril, influenciados diretamente pelo efeito do sombreamento da espécie arbórea, podendo afetar o crescimento da parte aérea, raízes e a produção da cultura agrícola (MENDES et al., 2013; MARTUSCELLO et al., 2009). Desse modo, o manejo e escolha das espécies que compõem o sistema devem ser cuidadosamente planejados.

Embora a utilização de diversas modalidades de sistemas agroflorestais não seja prática recente, pouco se sabe sobre a influência da sombra em culturas anuais, como o milho, que é uma planta com fisiologia de fixação de carbono de ciclo fotossintético C4 e com necessidade de alta saturação de luz. Assim, sabe-se que em sistemas sombreados a mudança microclimática é alterada em função do aumento da umidade e diminuição da temperatura (SARTOR et al., 2007), podendo, assim, favorecer as culturas mais dependentes de água.

Nesse contexto, a recuperação de pastagens estabelecidas em sistemas agrossilvipastoris ainda é pouco estudada e necessita de pesquisas que combinam espécies e, ou, variedades tolerantes ao sombreamento e arranjos entre árvores que permitam melhor desenvolvimento e produtividade das culturas e do pasto.

Desse modo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de renovar pasto estabelecido em sistema agrossilvipastoril, com 5 anos de idade, em início de degradação em consórcio com milho (integração lavoura-pecuária), avaliando características morfológicas e de produtividade de dois híbridos de milho (BM 207 e BM 502) e da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sob dois espaçamentos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4 m), em sistemas agrossilvipastoris, renovação em sistemas silvipastoris e em pleno sol.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistema agrossilvipastoril

O uso de sistemas agrossilvipastoris é uma opção viável e vantajosa na recuperação de áreas degradadas, principalmente em função da amortização dos custos dessa renovação ou recuperação, gerando modelos sustentáveis de exploração pecuária (PACIULLO et al., 2012).

A recuperação e, ou, renovação do pasto pelos sistemas agrossilvipastoris é alternativa interessante devido à renda imediata obtida dos grãos após a colheita e à venda de produtos madeireiros em longo prazo. Esse sistema pode ser utilizado por pequenos, médios e grandes produtores, com benefícios aos animais, meio ambiente e pasto. O objetivo principal com a consorciação de culturas é a maior eficiência do uso da terra e diversificação da produção, o que resulta na otimização do uso dos recursos naturais, como solo, água e radiação solar (SANTOS, 2009).

Existem vários benefícios na associação de árvores, culturas para grãos, pasto e animais (SALTON et al., 2013; SANTOS et al., 2013; BALBINO et al., 2011):

- Agronômicos – melhoria das características químicas e físicas do solo.

- Econômicos – diversificação de produtos como madeira, carne e leite, além de outros produtos agrícolas; maior renda e redução de custo para o produtor.
- Ecológicos – reduz a pressão na abertura de novas áreas, aumenta a biodiversidade com abertura de novos nichos e habitats, reduz a necessidade de utilização de defensivos agrícolas e a erosão do solo e aumenta a ciclagem de nutrientes.
- Sociais – distribuição mais uniforme de renda ao longo do ano, geração de receitas e empregos diretos e indiretos, o que contribui para a permanência do homem no campo.
- Zootécnicos – estabelecimento mais adequado do pasto, o que resulta em maior produtividade, valor nutritivo da forragem e, conseqüentemente, melhor desempenho animal.

Entretanto, não só há vantagens nesses sistemas, que possuem também alguns pontos que podem ser considerados como negativos, como:

- Maior investimento inicial, que pode ser compensado com planejamento adequado, incluindo culturas que retorne no curto prazo, como: milho, feijão, soja.
- Necessidade de conhecimento das espécies utilizadas e manejo do sistema.
- Mito cultural sobre a menor produtividade sob a copa das árvores.
- Exigência de apoio técnico nas tomadas de decisão, uma vez que medidas não planejadas podem comprometer todo o estabelecimento e perenidade do sistema.

2.1.1. Componentes do sistema

2.1.1.1. Cultura do milho

Entre as espécies agrícolas possíveis de serem utilizadas nos sistemas agrossilvipastoris, o milho destaca-se por apresentar maior tradição de cultivo, elevado número de cultivares comerciais adaptados a diferentes regiões ecológicas do Brasil, facilidade de uso em consórcio com gramíneas

frrageiras e pode ser destinado à produção de milho verde, grãos e silagem (OLIVEIRA et al., 2013).

A sementeira do milho normalmente ocorre em novembro ou dezembro e a colheita, de fevereiro até abril (período de safra). Após essa prática, no caso de sementeira e manejo adequado, o pasto estará completamente estabelecido até o período seco, constituindo boa alternativa de oferta de forragem para os animais na época de escassez de alimento (FREITAS et al., 2005). Entretanto, a competição entre espécies pode inviabilizar o cultivo consorciado, uma vez que o conhecimento do padrão de resposta das espécies pelas características genéticas, competição por fatores de produção, torna-se de grande importância para o êxito no estabelecimento da pastagem e para a produção satisfatória da cultura agrícola. Nesse contexto, o consórcio do milho e forrageiras tropicais é possível, graças ao diferencial da taxa de crescimento temporal dessas espécies (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003). Desse modo, a menor intensidade de luz disponível para as plantas nos sistemas agrossilvipastoris é um dos fatores limitantes em cultivos realizados na entrelinha das árvores. Algumas variáveis importantes influenciam a disponibilidade de luz no sub-bosque, como densidade e disposição das árvores na área de pastagem (MÜLLER et al., 2014). Em sistemas com árvores, cujo arranjo espacial envolve a disposição das árvores em linhas ou renques com mais de uma linha, é possível supor que haja influência das árvores sobre o pasto, à medida que se distancia dos renques (PACIULLO et al., 2011).

Embora a influência do componente arbóreo nas características do pasto se concentre, principalmente, sob as copas das árvores, os efeitos do sombreamento podem também alcançar regiões localizadas além da projeção das copas (DIAS et al., 2007). O conhecimento desse efeito é importante no planejamento de sistemas agrossilvipastoris, no que se refere ao espaçamento entre linhas de plantio da cultura agrícola e a arquitetura foliar da cultura, otimizando o estabelecimento das pastagens.

Outro fator a ser levado em consideração no planejamento é a densidade ou espaçamento do componente agrícola. Pois, além do sombreamento imposto pelas árvores, a gramínea forrageira também irá sofrer com sombreamento da cultura agrícola. Desse modo, maiores

espaçamentos ou menores densidades de plantas podem aumentar a radiação abaixo do dossel da cultura.

Além da densidade e espaçamento das linhas do componente agrícola, as características morfológicas também podem influenciar a disponibilidade de radiação, como a arquitetura foliar das plantas. O exemplo disso são os híbridos de milho modernos, que apresentam folhas dispostas mais verticalmente, possibilitando maior entrada de luz no dossel da forrageira, contribuindo para maior rapidez no estabelecimento do pasto.

2.1.1.2. *Brachiaria* nos sistemas agrossilvipastoris

A produção de plantas forrageiras em sistemas agrossilvipastoris depende da tolerância à sombra das mesmas e da capacidade da planta de se adaptar morfológica e fisiologicamente a determinado nível de irradiância. Sob condições de sombra moderada, gramíneas podem crescer em níveis considerados satisfatórios (COELHO et al., 2014; PACIULLO et al., 2011; 2012). Contudo, mesmo gramíneas bastante tolerantes ao sombreamento mostram redução na produção de forragem sob sombra intensa, especialmente quando o nível for superior a 50% da radiação incidente (COELHO et al., 2014; GARCEZ NETO et al., 2010). Essa menor luminosidade pode ser associada à densidade de plantas ou com a distância entre as faixas ou renques de árvores. Desse modo, Araújo et al. (2013) avaliaram a produção de *Brachiaria decumbens* em diversos espaçamentos (3x2, 6x4 e 10x4 m). Verificaram reduções drásticas na produção de forragem nos espaçamentos menores, confirmando a necessidade da escolha correta de espécies forrageiras tolerantes ou medianamente tolerantes ao sombreamento para sistemas agrossilvipastoris.

Outro fator a ser levado em conta é a associação entre o sombreamento e os níveis de fertilidade do solo. Em alguns resultados de pesquisa, observa-se que o crescimento das plantas forrageiras, em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris, depende da interação entre sombra e fertilidade do solo. Nesse contexto, Rodomski e Ribaski (2012), ao estudarem a influência da *Grevillea robusta* na fertilidade do solo de sistemas silvipastoris, encontraram maiores produções de forragem na

presença da *Grevillea*. Esse resultado pode estar associado à maior disponibilidade de nutrientes em função das raízes mais profundas das árvores, deposição de serapilheira e, como consequência, adição de matéria orgânica no solo e deslocamento de nutrientes de camadas mais profundas, como sugerido por Coelho et al. (2014) e Garcez Neto et al. (2010).

Já em condições de cultivo em casa de vegetação com quatro doses de nitrogênio, Pacciulo et al. (2011) avaliaram o crescimento morfológico de quatro forrageiras tropicais (*Brachiaria brizantha* cvs. Marandu e Xaraés, *B. decumbens* cv. Basilisk e *B. ruziziensis*). Esses autores constataram que o sombreamento limita o crescimento da planta, mesmo com disponibilidade adequada de nutrientes, em todas as espécies. Segundo Vilela et al. (2011), as gramíneas que têm apresentado melhores resultados sob sombreamento são *Panicum maximum*, *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*.

A *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf. (capim-marandu) é originária da África Tropical e da África do Sul e se desenvolve na maioria dos solos brasileiros (WENZL et al., 2002), possuindo de média a alta exigência em fertilidade e apresentando boa produção de forragem e valor nutritivo. Santos (2009) observou maior produção do capim-marandu em comparação com *Brachiaria decumbens* e a *Brachiaria brizantha* cv. Piatã após a colheita do milho grão em sistemas agrossilvipastoris. Resultados semelhantes foram observados por Andrade et al. (2004), relativas ao maior acúmulo de massa seca (30%) em ambientes sombreados. Essas respostas sugerem boa adaptação dessa forrageira em sistemas sombreados.

2.1.1.3. Eucalipto nos sistemas agrossilvipastoris

A disponibilidade de sombra para animais é um dos importantes atributos da utilização de árvores em pastagens. Além disso, existem outros benefícios como produção de madeira e outros produtos comerciais, disponibilidade estacional de frutas e várias vantagens ambientais, como sequestro de carbono (CARVALHO et al., 2010). No que se refere à viabilidade econômica de um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, Müller et al. (2011) observaram que a produção de madeira de eucalipto gera maior estabilidade econômica em função do seu maior valor agregado.

Em um sistema agrossilvipastoril, as árvores devem apresentar, de preferência, copas que possibilitem maior passagem de luz para o crescimento das plantas forrageiras tropicais (SANTOS, 2009). As espécies do gênero *Eucalyptus* são particularmente interessantes pelo rápido crescimento, adaptação às condições de acidez e baixa fertilidade do solo, além da obtenção de produto florestal de fácil comercialização (CARVALHO et al., 2010). O formato da copa e fuste de plantas de eucalipto permite melhor passagem de luz ao sub-bosque, o que pode evitar redução excessiva na produtividade das espécies forrageiras nesses sistemas e viabilizar o consórcio.

O sucesso da produção homogênea do eucalipto moderno é baseado na silvicultura clonal, que, após a seleção de genótipos superiores em produção e qualidade da madeira, obtém clones comerciais (ALFENAS et al., 2004). Entre os clones, o híbrido do *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis* (híbrido *urograndis*), existem progênies que apresentam copa rala e boa passagem de luz (SANTOS, 2009), sendo ideais para os sistemas sombreados.

Adicionalmente, o eucalipto apresenta sistema radicular pivotante desenvolvido que explora o solo em maior profundidade (LUCAS, 2004), o que pode reduzir a competição com as plantas forrageiras pelos recursos de crescimento na camada superficial do solo, principalmente pela água (WENDLING, 2011), e a reciclagem de nutrientes de camadas mais profundas, melhorando a fertilidade do solo (RODOMSKI; RIBASKI, 2012).

2.1.2. Arranjo espacial e densidade de plantio

Em sistemas agrossilvipastoris existem várias possibilidades de utilizar distintas espécies e arranjos de plantio, cada um resultando em um conjunto diferente de interações entre seus componentes.

O arranjo espacial depende de cada componente do sistema, dos objetivos com o sistema adotado, das características dos produtos, do manejo que será estabelecido para cada componente, ou seja, das práticas culturais previstas durante os ciclos das diferentes espécies, do nível tecnológico, da colheita e da produção de cada componente.

As densidades das espécies, principalmente arbórea, influenciam no estabelecimento e desenvolvimento dos demais componentes do sistema. Assim, a densidade e espaçamento de árvores por área, altura, arquitetura e fenologia de cada espécie influencia a produtividade das pastagens nesses sistemas (SANTOS, 2009). Em estudos realizados pela Embrapa Gado de Leite, foi concluído que, acima de 40% de sombreamento, a produtividade de *Brachiaria decumbens* começa a declinar significativamente (GÓMEZ et al., 2013; PACIULLO et al., 2007; 2010; 2011).

Isso realça a importância de planejar o estabelecimento dos sistemas agrossilvipastoris, possibilitando adequada distribuição espacial das árvores, reduzindo, com isso, a competição por luz e permitindo maior persistência e eficiência do sistema como um todo (ARAÚJO et al., 2013). As características dos componentes herbáceos e arbóreos precisam favorecer a redução na competição por luz, água e nutrientes, que resultarão na expressão de várias vantagens potenciais desses sistemas.

2.1.3. Influência do sombreamento no crescimento do pasto

Nos últimos anos, vários trabalhos têm sido realizados com a finalidade de identificar e esclarecer possíveis consequências do sombreamento sobre o pasto (PACIULLO et al., 2011; CARRILHO et al., 2012; GÓMEZ et al., 2013; BOSI et al., 2014). Todavia, as plantas forrageiras podem apresentar tolerância em alguns níveis de sombreamento, proporcionado pelas árvores. A maioria das espécies forrageiras tolerantes ao sombreamento apresenta vantagens em relação às espécies não tolerantes, pois altera algumas características morfofisiológicas, conferindo maior capacidade de produção sob luminosidade reduzida (PACIULLO et al., 2012). Assim, espécies adaptadas ao sombreamento alongam mais as lâminas foliares e colmos devido ao aumento nas taxas de crescimento de folhas e colmos das plantas forrageiras (PACIULLO et al., 2008; 2011; MARTUSCELLO et al., 2009), influenciando na produção de forragem, pois há maior uso de fotoassimilados para o alongamento de colmos e folhas, diminuindo o acúmulo de massa de forragem.

O perfilhamento é outra característica do pasto influenciada pela luminosidade e afeta diretamente a produção de forragem. Desse modo, a copa das árvores absorve parte da radiação na faixa do vermelho, diminuindo a relação vermelho:vermelho extremo que chega à região meristemática, reduzindo, então, a atividade das gemas axilares e basais e, conseqüentemente, o perfilhamento da forrageira sombreada (BAHMANI et al., 2000).

Em condições de menor radiação incidente, o suprimento reduzido de fotoassimilados é alocado preferencialmente para os perfilhos, em detrimento das gemas axilares (ROBSON et al., 1988), inibindo a emissão de novos perfilhos. Desse modo, tem sido observado que as gramíneas reduzem a taxa de perfilhamento quando submetidas ao sombreamento (PACIULLO et al., 2007; 2008; 2011; GARCEZ NETO, 2006; PERI et al., 2007). A importância da intensidade da sombra sobre o perfilhamento foi estudada por Paciullo et al. (2007), em pastagem de *B. decumbens*, cuja densidade populacional de perfilhos por m² aumentou de 253 para 447, quando a intensidade de luz se elevou, respectivamente, de 35 para 65%, em relação à condição de sol pleno.

Embora determinadas plantas forrageiras tolerarem mais o sombreamento que outras, a tendência geral é a redução na produtividade das plantas em razão do decréscimo da intensidade luminosa, uma vez que o produto da densidade populacional de perfilhos pelo peso dos perfilhos resulta na produção de forragem (GOBBI et al., 2009). Assim, o sombreamento modifica a morfofisiologia da planta forrageira nos vários estádios de crescimento, alterando os padrões de produção para cada nível de sombreamento imposto.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do local e condições edafoclimáticas

O experimento foi executado no período de agosto de 2012 a setembro de 2013, em área experimental do Município de Viçosa, Zona da Mata mineira, 20°45' de latitude Sul, 46°51' de longitude Oeste e 689 m de altitude. O clima da região de Viçosa, de acordo com o sistema Köppen, é do tipo Cwa – Clima temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso e quente, com precipitação anual em torno de 1.180 mm e umidade relativa do ar média de 80%. Os dados climáticos registrados durante o período experimental foram obtidos na Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, situada a cerca de 550 m da área experimental (Tabela 1).

Para análise do solo, colheram-se amostras de solo na camada de 0-20 cm, em agosto de 2012, nos sistemas silvipastoris e em pleno sol. O solo da área experimental é Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, com textura franco-argilosa. O resultado da análise química do solo dos dois sistemas – silvipastoril e em pleno sol – encontra-se na Tabela 2. A área experimental vinha sendo utilizada por bovinos sob lotação intermitente (WENDLING, 2011).

Tabela 1 – Temperaturas máximas e mínimas, umidade relativa do ar e precipitação pluvial, durante o período experimental (novembro 2012 a setembro de 2013), em Viçosa, MG

Meses	Temperatura média (°C)		Umidade Relativa (%)	Precipitação (mm)
	Máxima	Mínima		
Novembro/12	26,5	18,3	83,3	225,3
Dezembro/12	30,8	19,5	77,2	199,3
Janeiro/13	28,2	19,0	80,6	148,5
Fevereiro/13	29,5	18,3	78,1	110,8
Março/13	27,9	19,1	83,8	222,2
Abril/13	26,3	16,5	83,5	119,6
Mai/13	24,7	13,7	84,5	62,1
Junho/13	24,3	20,4	84,4	24,7
Julho/13	24,0	12,3	82,1	1,9
Agosto/13	25,8	12,0	74,2	3,5
Setembro/13	26,5	14,6	74,3	44,9
Média Geral	26,8	16,7	80,5	105,7

Fonte: Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

A caracterização das unidades experimentais com árvores de eucalipto durante o período experimental está descrita na Tabela 3. Foi mensurado o número de árvores por hectare em função do espaçamento, valores médios para altura das árvores, diâmetro à altura do peito (cm), 1,30 m e estimativa do volume de madeira ($m^3 ha^{-1}$), por meio da fórmula de Schumacher e Hall, sendo os coeficientes determinados por Müller et al. (2014):

$$V = \beta_0 \cdot DAP^{\beta_1} \cdot Ht^{\beta_2}$$

em que:

V = volume de madeira em m^3 ;

DAP = diâmetro à altura do peito (cm);

Ht = altura total (m);
 β_0 = coeficiente = 0,00005;
 β_1 = coeficiente = 2,26242; e
 β_2 = coeficiente = 0,56836.

Determinou-se também o volume de madeira por hectare de sistema cultivado (árvores + cultura + pasto). O sombreamento médio exercido pelas árvores no dossel do milho e no dossel da forrageira foi estimado aos 110 e 145 dias após a semeadura (LI-COR modelo LAI 20001). As leituras foram realizadas em condições de radiação difusa (céu encoberto, início da manhã ou final da tarde), seguindo as recomendações de uso do aparelho (WELLES; NORMAN, 1991).

3.2. Histórico da área experimental

O experimento foi estabelecido em área constituída de eucalipto clonal híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (clone 3336) plantado em sistema agrossilvipastoril em dezembro de 2007, em pasto degradado de capim-gordura (*Melinis minutiflora*), que vinha sendo utilizado por bovinos de corte há mais de 10 anos. O pasto era manejado sem estratégia definida, tendo como principais fatores determinantes da degradação o superpastejo e a falta de adubação de manutenção, o que propiciou infestação de plantas daninhas (SANTOS, 2009). A pastagem foi renovada pela técnica de integração lavoura-pecuária-floresta, conhecida como sistema agrossilvipastoril com semeadura de milho (*Zea mays* – híbrido duplo DKB 747), três gramíneas forrageiras (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu; *B. decumbens* cv. Basilisk; e *B. brizantha* cv. Piatã) em plantio direto (SANTOS, 2009).

Tabela 2 – Características químicas de amostras de solo da camada de 0-20 cm de profundidade em unidades experimentais, cultivadas com eucalipto em sistema agrossilvipastoril e cultivo a pleno sol, em Viçosa, MG

Sistema	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	MO	P-rem
	H ₂ O	mg/dm ³	-----cmol _c /dm ³ -----						%	dag/kg	mg/L			
Agrossilvipastoril	5,4	0,9	47	1,9	0,9	0,1	4,84	2,99	3,03	7,82	38	2	3,5	24,9
Pleno Sol	5,1	0,9	44	1,2	0,7	0,3	4,98	1,96	2,3	6,94	28	16	2,9	26,4

pH em água, KCL e CaCl₂ – Relação 1:2,5; P – Na – K – Fe – Zn – Cu – Extrator Mehlich⁻¹; Ca – Mg – Al – Extrator:KCl – 1 mol/L; H+Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L em pH 7,0; B – Extrator – Fosfato monocálcico em ácido acético; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio; Matéria Orgânica (MO) = C.Org x 1,724 – Walkley-Black; e P-rem = Fósforo Remanescente.

Tabela 3 – Número de árvores por arranjo, altura total, diâmetro à altura do peito (DAP), volume por árvore, volume por hectare e sombreamento aos 110 e 145 DAS, no dossel do milho e no dossel da forrageira, em sistema agrossilvipastoril, em Viçosa, MG

Espaçamento	N° árv/ ha	Altura (m)	DAP (cm)	vol/árv (m ³)	vol/ha sist. (m ³)	Sombra milho		Sombra forrageira	
						110 DAS	145 DAS	110 DAS	145 DAS
12x2	416	35,22	23,24	0,435	181,3	41,3	43,3	58,2	49,5
12x4	208	29,26	27,34	0,622	129,8	30,4	32,2	68,3	45,4

N° arv/ha – Número de árvore por hectare; DAP – Diâ metro à altura do peito (1,30m); vol/árv – Volume de madeira por árvore; vol/ha sist. – Volume de madeira por hectare de sistema cultivado; e DAS – Dias após a semeadura.

Na ocasião da renovação em setembro de 2007, o espaçamento utilizado na entrelinha do milho, em pleno sol (tratamento-controle) e agrossilvipastoril, foi 0,8 m entre fileiras e 0,4 m nas forrageiras, uma vez que estas foram semeadas tanto na linha quanto na entrelinha do milho. O eucalipto e a acácia foram cultivados em fileiras simples no espaçamento 12x2 m, ou seja, 12 m entre as fileiras e 2 m entre as plantas, resultando em 416 árvores por hectare. As espécies arbóreas foram cultivadas em dois arranjos. O primeiro arranjo foi constituído unicamente de eucalipto nas linhas e o segundo, de plantio misto de árvores de eucalipto e acácia, alternadas na linha de plantio, resultando em 50% de cada espécie por unidade experimental. O plantio das árvores e demais componentes do sistema foram em curva de nível, a fim de minimizar riscos de erosão decorrentes da declividade da área experimental (SANTOS, 2009).

Em dezembro de 2008, nos pastos completamente estabelecidos, com três forrageiras, iniciou-se o pastejo por bovinos mestiços, com peso corporal médio de 250 kg (SANTOS, 2009). Em dezembro de 2009, após 24 meses de implantação do sistema agrossilvipastoril, ocorreu ataque de besouros serradores (Gênero *Oncideres*) nas plantas de acácia. Após monitoramentos diários, constatou-se que 25% das plantas de acácia foram atacadas. Aos 25 meses de idade, foi realizada a desrama das árvores de eucalipto e acácia, retirando-se galhos à altura de um terço da copa viva. Toda a biomassa da desrama das árvores de eucalipto e acácia foi retirada da área experimental e queimada, a fim de evitar a infestação do inseto serrador.

Em fevereiro de 2010 (26 meses após a implantação do sistema agrossilvipastoril), os pastos passaram a ser manejados em lotação intermitente (WENDLING, 2011), sob técnica Mob-Grazing (MISLEVY et al., 1981), com entrada dos animais para pastejo com base na altura de 20 cm e saída dos animais dos pastos com 15 cm de altura de resíduo pós-pastejo, utilizando novilhos mestiços Holandês x Zebu, com peso corporal médio de 250 kg.

Em setembro de 2011, quatro anos após a implantação do sistema agrossilvipastoril, todas as árvores de acácia foram cortadas e removidas da área, em decorrência de intenso ataque de besouros serradores que

prejudicou o crescimento e comprometeu a sobrevivência de várias árvores. Com a utilização intensiva do pasto em consórcio com eucalipto durante os cinco primeiros anos após o estabelecimento do sistema, observaram-se sinais de degradação deste, caracterizados pela menor capacidade produtiva ao longo dos ciclos de pastejo, além de alta infestação de *B. decumbens*, necessitando, então, de outra intervenção, que foi a suspensão do pastejo, em julho de 2012. Iniciou-se, então, o processo de restabelecimento da capacidade produtiva do pasto em sistema agrossilvipastoril com as árvores de eucalipto com cinco anos após o plantio, conforme descrito nos tópicos subsequentes.

3.3. Procedimentos para renovação da pastagem

Na renovação da pastagem nos sistemas estabelecidos com árvores de eucalipto, procedeu-se com a utilização de três espécies: *Zea mays* (milho), *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) e eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* – clone 3336), formando os sistemas de cultivo: sistemas agrossilvipastoris (milho+capim-marandu+eucalipto) e sistemas silvipastoris (capim-marandu+eucalipto).

A partir das análises químicas do solo (Tabela 1) da área experimental, foi verificada a necessidade de calagem em todas as unidades experimentais, efetuada 60 dias antes da semeadura (agosto de 2012). O calcário foi distribuído na superfície do solo, em todas as unidades experimentais, sem incorporação, na dose de 1,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 70%), de acordo com as recomendações para uso de corretivos e fertilizantes de Minas Gerais (ALVAREZ et al., 1999).

Em outubro de 2012, procedeu-se à dessecação da vegetação da área experimental utilizando o glyphosate para obtenção de palhada para plantio direto e 2,4-D em função da infestação de plantas de folhas largas. Foram utilizados quatro L ha⁻¹ de glyphosate e dois L ha⁻¹ de 2,4-D, com volume de calda de 100 L ha⁻¹. Quando a vegetação se encontrava seca e acamada (30 dias após a dessecação), iniciou-se a implantação do experimento.

A semeadura dos híbridos de milho foi realizada em 21 de novembro de 2012, no espaçamento entre linhas de 1,00 m com 400 kg ha⁻¹ de adubo da fórmula 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O). Nessa mesma data, foi realizada a semeadura do capim-marandu, na linha e entrelinha da cultura de milho, com profundidade de 2 cm, por meio da semeadora múltipla (Semeato SHM 11/13), em todas as unidades experimentais (agrossilvipastoril, silvipastoril e em pleno sol). Nas unidades experimentais que não continha milho, a adubação de semeadura do capim-marandu foi a mesma das que continham, pois, em razão de a área de trabalho da semeadora Semeato semear em uma distância mínima, semeou-se em toda área e, posteriormente, retiraram-se as plantas de milho das unidades experimentais em pleno sol e silvipastoril. Em todos os tratamentos, foram utilizados 4 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis do capim-marandu, com valor cultural de 60%. A adubação em cobertura no milho foi realizada quando as plantas apresentaram quatro folhas completamente expandidas, com dose de 100 kg ha⁻¹ de N, utilizando sulfato de amônio como fonte de nitrogênio.

3.4. Delineamento experimental

3.4.1. Milho

Os tratamentos foram arranjos no esquema fatorial (2x2)+2, sendo dois híbridos de milho (BM 207, com folhas de arquitetura planiforme e BM 502, com folhas com arquitetura ereta) em consórcio com a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu), e dois arranjos entre árvores de eucalipto (12x2 e 12x4 m), mais duas testemunhas: os dois híbridos de milho em pleno sol (monocultivo). O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com três repetições.

As unidades experimentais possuíam 12 m de largura entre fileiras de árvores e 12 m de comprimento, perfazendo uma área de 144 m², intercaladas com capim-marandu e milho, nos sistemas agrossilvipastoris, e os dois híbridos de milho em pleno sol, contendo então as mesmas dimensões das unidades experimentais (144 m²) dos sistemas com árvores.

3.4.2. Capim-marandu

Os tratamentos foram arranjos no esquema fatorial $(3 \times 2) + 1$, sendo três modelos de renovação de pastagem: primeiro com capim-marandu + árvores de eucalipto, formando sistema silvipastoril; segundo capim-marandu e híbrido de milho BM 207 (folhas de arquitetura planiforme) e terceiro capim-marandu e híbrido de milho BM 502 (folhas com arquitetura ereta). Os dois últimos formando o sistema agrossilvipastoril. Os três modelos de renovação foram cultivados em dois arranjos entre árvores de eucalipto (12x2 e 12x4 m). Foi também cultivada uma testemunha adicional: capim-marandu em pleno sol. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com três repetições.

As unidades experimentais possuíam 12 m de largura entre árvores e 12 m de comprimento, perfazendo área de 144 m², intercaladas com capim-marandu e milho, nos sistemas agrossilvipastoris e capim-marandu nos sistemas silvipastoris, e somente o capim-marandu no sistema em pleno sol, com as mesmas dimensões das unidades experimentais (144 m²) nos sistemas com árvores.

3.5. Avaliações

As avaliações em cada unidade experimental nos sistemas agrossilvipastoris, silvipastoris e em pleno sol foram efetuadas em cinco condições: 30, 110 e 145 dias após a semeadura (DAS) e aos 90 e 150 dias após a colheita do milho (DAC).

3.5.1. Milho

Aos 30 DAS, foram mensurados o número de plantas de milho em três diferentes distâncias das árvores (2, 4 e 6 m) e determinada a média entre as três diferentes distâncias, em cada unidade experimental. Aos 110 DAS nos sistemas agrossilvipastoris, determinaram-se o número de plantas de milho e a altura de plantas de milho em três diferentes distâncias das árvores (2, 4 e 6 m) e determinada a média entre as distâncias, em cada unidade experimental. As características de altura de inserção de espiga,

circunferência do colmo, número de espigas por planta e a produção de massa verde e seca do milho em kg ha^{-1} e em kg ha^{-1} de sistema cultivado em plantas amostradas em 4 m lineares, em três diferentes distâncias das árvores (2, 4 e 6 m) e determinada a média das características morfológicas e a produção entre as três diferentes distâncias das árvores (2, 4 e 6 m), em cada unidade experimental. A avaliação da massa seca do milho foi determinada a partir das amostras colhidas no campo, secas em estufa com circulação forçada de ar, a 55 °C, até peso constante.

Aos 145 DAS nos sistemas agrossilvipastoris e em pleno sol, foi estimada a produtividade de milho grão a partir de 4 m lineares em três diferentes distâncias das árvores (2, 4 e 6 m), na época de milho próximo a 15% de umidade e determinada a média de produção entre as diferentes distâncias, em cada unidade experimental. Nessa ocasião, foi também determinada a massa de 100 grãos, comprimento de espiga, porção da espiga não granada, número de espigas por planta e relação de peso do grão/peso da espiga e determinada a média dessas características nas diferentes distâncias, em cada tratamento.

Para determinação da população de plantas, produção de massa verde e seca e grãos de milho foram utilizadas duas formas: produção por hectare, que corresponde à produção de área cultivada propriamente dita (sem correção para área ocupada pelas árvores); e produção por hectare de sistema cultivado, que corresponde à área que é ocupada pelo sistema como um todo (corrigindo para área ocupada pelas árvores nos sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris).

3.5.2. Capim-marandu

Trinta DAS foi determinado o número de plantas de capim-marandu e aos 110 e 145 DAS, tanto nos sistemas agrossilvipastoris, silvipastoris e em pleno sol, número de plantas, altura de planta, altura de perfilho estendido (estendendo-se os perfilhos da gramínea no sentido vertical e anotando a maior distância do nível do solo até o ápice dos perfilhos), número de perfilhos, porcentagem de lâminas foliares verdes, colmo verde, relação lâmina foliar/colmo (L/C) e produção de massa seca (kg ha^{-1}) em área

delimitada com armação metálica de 1 m de lado em três diferentes distâncias das árvores (2, 4 e 6 m) e determinada a média entre as diferentes distâncias, em cada unidade experimental. A avaliação da massa seca do capim-marandu também foi determinada em três diferentes distâncias das árvores (2, 4 e 6 m), secas em estufa com circulação forçada de ar, a 55 °C, até peso constante e determinada a média de produção entre as três diferentes distâncias, em unidade experimental.

Após a colheita do milho grão, as unidades experimentais foram submetidas ao pastejo de uniformização por bovinos de aproximadamente 350 kg e adubadas com 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na fórmula de sulfato de amônio, a fim de estimular o perfilhamento.

Após período do outono-inverno de crescimento livre, 90 dias após a colheita milho (DAC), tanto nos sistemas agrossilvipastoris, silvipastoris e em pleno sol, mensuraram-se altura de planta, número de perfilhos, porcentagem de lâminas foliares verdes, colmo verde, relação lâmina foliar/colmo (L/C) e produção de massa seca (kg ha⁻¹) em área delimitada com armação metálica de 1 m de lado em três diferentes distâncias das árvores (2, 4 e 6 m) e determinada a média de produção entre as diferentes distâncias, em cada unidade experimental. A avaliação da massa seca do capim-marandu foi determinada a diferentes distâncias das árvores (2, 4 e 6 m), secas em estufa com circulação forçada de ar, a 55 °C, até peso constante e determinada a média de produção entre as três diferentes distâncias, em cada unidade experimental. Após as avaliações, houve pastejo por bovinos de aproximadamente 350 kg, para rebaixamento do pasto e crescimento livre na primavera.

Aos 150 DAC, tanto nos sistemas agrossilvipastoris, silvipastoris e em pleno sol, mensuraram-se novamente altura de planta, número de perfilhos, porcentagem de lâminas foliares verdes, colmo verde, relação lâmina foliar/colmo (L/C) e produção de massa seca (kg ha⁻¹) em área delimitada com armação metálica de 1 m de lado nas diferentes distâncias das árvores (2, 4 e 6 m), com corte ao nível do solo, e determinada a média entre as três diferentes distâncias, em cada unidade experimental. A avaliação da massa seca do capim-marandu foi determinada a diferentes distâncias das árvores (2, 4 e 6 m), secas em estufa com circulação forçada de ar, a 55 °C, até

peso constante e determinada a média de produção entre as três diferentes distâncias, em cada unidade experimental.

A produção acumulada de massa seca de capim-marandu foi desde a semeadura até os 110 e 145 DAS. Já na avaliação dos 90 e 150 DAC foi a produção acumulada desde o pastejo de uniformização e adubação nitrogenada após a colheita do milho até os 90 DAC e a de 150 DAC foi a acumulada dos 90 até 150 DAC.

3.6. Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância global com todas as médias dos tratamentos, a fim de obter o quadrado médio do resíduo, que foi utilizado para testar as fontes de variação e fatorial. O teste de Dunnett a 5% foi utilizado para comparar o tratamento-controle (em pleno sol) com os demais tratamentos e o teste de “Tukey” a 5%, para comparar os tratamentos no esquema fatorial no mesmo nível de probabilidade. Para isso, utilizou-se o procedimento GLM do pacote estatístico SAS[®], e, para melhor compreensão dos dados, optou-se pelo desdobramento dos níveis dos fatores, independentemente da significância das interações entre eles. Os resultados de altura das plantas de milho a diferentes distâncias das fileiras de árvores foram analisados, estabelecendo-se intervalo de confiança pelo teste t a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Milho

O número final de plantas de milho por hectare (Tabela 4) não variou ($P>0,05$) entre os arranjos de árvores utilizados, porém houve diferença entre os sistemas de cultivo (agrossilvipastoril e em pleno sol). Isso se deve ao fato de a porcentagem de área semeada em cada sistema, pois nos sistemas agrossilvipastoris a área útil das árvores ocupava cerca de 33,3% da unidade experimental. Desse modo, a área útil semeada apresentava a mesma densidade de plantas de milho que em pleno sol. Entretanto, a densidade utilizada é inferior à de monocultivos tradicionais (70.000 a 80.000 plantas ha^{-1}), podendo ser interessante o uso de menores densidades para melhor crescimento das plantas, por propiciar maior eficiência na absorção de nutrientes pela cultura do milho, em consequência da menor competição intraespecífica nas linhas de plantio (PHOLSEN; SUKSRI, 2007), fato relevante em ambientes com limitação de água, nutrientes e luz.

A altura das plantas de milho nas linhas próximas às árvores de eucalipto foi menor ($P<0,05$) quando comparada com as linhas centrais da unidade experimental (Figura 1), nos dois híbridos dentro dos arranjos de árvores. A redução na altura do milho ocorreu à medida que se aproximava das árvores, resultando em menor altura das plantas de milho nas proximidades do eucalipto. Isso pode estar associado à incidência maior de luz à medida que se distancia das linhas de árvores, ou seja, maior luminosidade na parte central da unidade experimental.

Tabela 4 – Número de plantas de milho por hectare de área plantada e por hectare no sistema plantado, aos 110 dias após a semeadura (DAS) em sistema agrossilvipastoril e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	BM 502	BM 207	CV (%)
Número de plantas (plantas ha⁻¹)^{ns}			
Agrossilvipastoril 12x2	65.000	65.000	12,1
Agrossilvipastoril 12x4	66.000	65.000	
Número de plantas (plantas ha⁻¹ sistema)			
Agrossilvipastoril 12x2	43.333 aA*	43.333 aA*	16,3
Agrossilvipastoril 12x4	44.000 aA*	43.333 aA*	
Pleno sol	66.000 a	63.000 a	

^{ns} Não significativo pelo teste F. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste F. * Diferem do tratamento em pleno sol, pelo teste de Dunnet (P<0,05).

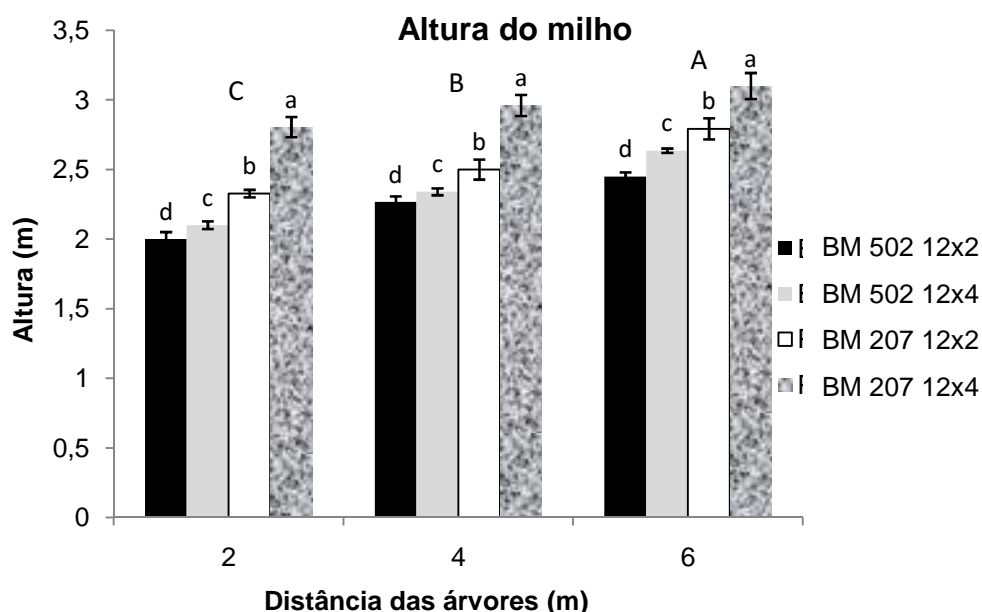


Figura 1 – Altura (m) de plantas de dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) às distâncias de 2, 4 e 6 m das fileiras de árvores de eucalipto em dois arranjos de sistemas agrossilvipastoris (12x2 e 12x4 m), aos 110 dias após a semeadura, em Viçosa, MG (Letras minúsculas comparam híbridos de milho dentro de cada distância, e letras maiúsculas comparam distâncias).

Outra diferença observada foram as menores alturas do híbrido BM 502 em relação ao BM 207, em todas as distâncias e espaçamentos estudados. Essa diferença pode estar associada à maior necessidade de plantas com a arquitetura de folhas do BM 207 (folhas com arquitetura planiforme) em estiolar mais, buscar luz em relação a plantas de folhas com arquitetura mais eretas (BM 502), pois essas sombreiam menos as folhas mais baixas, necessitando de maiores alturas para buscar luz.

Mendes et al. (2013) observaram elevação nos valores da altura média das plantas de milho consorciadas com pau-branco (*Cordia oncocalyx* Allemão, *Boraginaceae*) situadas a 1, 2, 3 e 4 m de distância dos renques de árvores em função, possivelmente, da maior luminosidade incidente no meio das ruas de plantio. O mesmo padrão de resposta foi observado por Oliveira (2011), com menores alturas de sorgo próximo às árvores de eucalipto e acácia, em sistema agrossilvipastoril no Norte de Minas, em um sistema agrossilvipastoril de 12 meses.

Para a altura de inserção de espiga e circunferência do colmo, não houve interação entre os híbridos de milho e os arranjos de árvores utilizados ($P > 0,05$) (Tabela 5). Diferiram ($P < 0,05$) apenas dos sistemas de cultivo, em que o sistema em pleno sol foi maior que os sistemas agrossilvipastoris, assim como a altura de plantas, que também diferiu entre os híbridos utilizados.

Os híbridos de milho cultivados nos sistemas agrossilvipastoris responderam diferentemente dos que estavam em pleno sol, com relação às características agrônômicas estudadas (Tabela 5). As plantas em pleno sol atingiram maiores ($P < 0,05$) alturas, maiores alturas de inserção de espiga e circunferência do colmo, não diferindo ($P > 0,05$) para número de espigas por planta. Os maiores valores de características nas plantas em pleno sol podem ser atribuídos à menor incidência de luz nos sistemas agrossilvipastoris, que diminuiu a capacidade de desenvolvimento do milho.

Tabela 5 – Altura de plantas de milho, altura de inserção de espiga (m), circunferência do colmo (cm) e número de espigas por planta de milho, de dois híbridos de milho em diferentes arranjos de árvores de eucalipto, em sistema agrossilvipastoril e em pleno sol aos 110 dias após a semeadura (DAS), em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	BM 502	BM 207	CV(%)
Altura de plantas de milho (m)			
Agrossilvipastoril 12x2	2,24 bA*	2,79 aA	
Agrossilvipastoril 12x4	2,36 bA*	2,91 aA	5,7
Pleno sol	2,96 a	2,90 a	
Altura de inserção de espiga (m)			
Agrossilvipastoril 12x2	0,94 aA*	1,01 aA*	
Agrossilvipastoril 12x4	1,06 aA*	1,10 aA*	7,5
Pleno sol	1,53 a	1,42 a	
Circunferência do colmo (cm)			
Agrossilvipastoril 12x2	6,31 aA*	6,20 aA*	
Agrossilvipastoril 12x4	5,81aA*	6,11 aA*	3,8
Pleno sol	8,33 a	9,20 a	
Número de espigas por planta^{ns}			
Agrossilvipastoril 12x2	1,11	1,00	
Agrossilvipastoril 12x4	1,01	1,10	10,4
Pleno sol	1,12	1,05	

^{ns} Não significativo pelo teste F. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste F. * Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnet (P<0,05).

O milho pode, entretanto, adaptar-se à competição por luz, uma vez que as plantas de milho recebem mais luz de comprimento vermelho extremo refletida, que aumenta a relação vermelho extremo/vermelho e altera a competitividade dessas plantas com as do entorno (STRIEDER et al., 2008). Assim, há modificações na arquitetura foliar e no desenvolvimento da planta, com maior alongamento de entrenós (colmos mais compridos, porém de menor circunferência), dominância apical e altura de inserção de espiga (ALMEIDA et al., 2000), o que não foi observado neste estudo.

Quanto ao número médio de espigas, este não diferiu ($P > 0,05$) entre os sistemas de cultivo nem entre as combinações de espaçamentos e híbridos utilizados, tendo uma média de 1,07 espiga. Tal fato evidencia que a presença de plantas forrageiras em consórcio com o milho não influenciou essa característica, assim como o sombreamento causado pelo eucalipto não teve influência negativa sobre a produção de espigas de milho. Resultados semelhantes foram observados por Santos (2009) em sistemas agrossilvipastoris recém-estabelecidos, em que o número médio de espigas por planta de milho foi próximo de 1, o que é frequente em cultivares melhorados, cujo número médio pode ser modificado pela competição ou variação no espaçamento.

A produção de massas verde e seca dos híbridos milho aos 110 dias (com 35% de umidade) diferiu significativamente ($P < 0,05$) entre os sistemas agrossilvipastoris e em pleno sol (Tabela 6), porém não houve interação entre os híbridos e os arranjos de árvores utilizados, exceto para produção de massa verde do híbrido BM 207, que apresentou maior valor que o híbrido BM 502 no arranjo de 12x4 m. Observou-se redução média de 55 e 40% na produção de massa verde nos híbridos BM 502 e BM 207, respectivamente, cultivados em sistemas agrossilvipastoris em relação a esses híbridos cultivados em pleno sol (Tabela 6).

Resultados semelhantes foram observados por Macedo et al. (2006) em cultivos múltiplos de milho e eucalipto no Noroeste de Minas Gerais, onde registraram decréscimo na produção em função do sombreamento. Também Lacerda et al. (2010), ao estudarem o desenvolvimento do milho em ambiente protegido com redução da luminosidade para 50%, encontraram decréscimo na produção. Ressalta-se que o milho é uma cultura exigente de luminosidade e umidade e planta de mecanismo de fixação de carbono do tipo C4 (TAIZ; ZEIGER, 2004). Assim, o sombreamento pode reduzir sua produção, como constatado neste trabalho.

A redução da produção em sistemas sombreados pode ser compensada com maiores espaçamentos entre as fileiras de árvores na implantação do sistema, ou com o manejo das árvores (desbastes das árvores), objetivando diminuir o sombreamento. Embora neste estudo o arranjo de árvores com o dobro do espaçamento delas na fileira de cultivo não tenha proporcionado diferença na produção de plantas de milho, essas técnicas podem ser eficientes em outros sistemas.

Tabela 6 – Produção de massa verde e massa seca (corrigida em kg ha⁻¹ sistema cultivado) de híbridos de milho aos 110 dias após a semeadura (DAS), cultivados com capim-marandu em diferentes espaçamentos de árvores de eucalipto, em sistemas agrossilvipastoris e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	BM 502	BM 207	CV(%)
Massa verde (kg ha⁻¹ Sistema)			
Agrossilvipastoril 12x2	25.064 aA*	29.912 aA*	
Agrossilvipastoril 12x4	19.910 bA*	28.986 aA*	22,7
Pleno Sol	51.607 a	48.956 a	
Massa seca (kg ha⁻¹ Sistema)			
Agrossilvipastoril 12x2	7.845 aA*	10.110 aA*	
Agrossilvipastoril 12x4	6.610 aA *	9.603 aA*	19,5
Pleno Sol	18.320 a	17.820 a	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de F ($P > 0,05$). * Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na produtividade de massa seca (Tabela 6), nem interação entre arranjos de árvores e híbrido de milho, nos sistemas agrossilvipastoris. Fato que evidencia que os híbridos de milho utilizados e os arranjos de árvores não influenciaram na produção de massa seca de milho, o que pode ser atribuído a isso o espaçamento utilizado na semeadura (1 m entre fileiras de milho) que pode ter proporcionado melhor utilização da luz disponível.

Resultados semelhantes foram observados por Mendes et al. (2013) em cultivo de milho com pau-branco (*Cordia oncocaly* x Allemão, *Boraginaceae*), em que maiores produções de massa seca de milho foram encontradas a 4 m de distância das árvores. Ding e Su (2010) avaliaram o efeito do sombreamento de árvores sobre a produção de milho em sistema agroflorestal. Concluíram que a queda na produção das plantas sombreadas, em comparação com as completamente expostas ao sol, esteve relacionada às alterações na radiação fotossinteticamente ativa incidente, à temperatura do ar e à concentração de CO₂.

É evidente que, ao considerar os arranjos estudados no sistema agrossilvipastoril, têm-se menos 33% de área cultivada com milho, em relação às áreas em pleno sol. Por isso, a produtividade de milho é menor nos sistemas agrossilvipastoris que em pleno sol, no entanto o produtor deve considerar que a produção dos outros componentes (forrageiras e madeira) gera receita com a venda de madeira e produto animal, além da renovação da pastagem.

A produção de grão de milho diferiu significativamente ($P < 0,05$) entre os sistemas de cultivo (agrossilvipastoril x em pleno sol) (Tabela 7). Já a interação entre os arranjos de eucalipto e híbrido de milho nos sistemas agrossilvipastoris sobre a produção de grãos não foi significativa ($P > 0,05$). Esse mesmo padrão de resposta também foi observado por Macedo et al. (2006), que compararam produção média de grãos de milho cultivado em pleno sol com a produção em consórcio com clones de eucalipto de 24 meses e observaram redução na produção média de milho em sistemas consorciados.

Tabela 7 – Produção de grãos de milho (kg ha^{-1} e corrigida para kg ha^{-1} sistema cultivado) de híbridos de milho aos 110 dias após a semeadura (DAS), cultivados com capim-marandu em diferentes espaçamentos de árvores de eucalipto, em sistemas agrossilvipastoris e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	BM 502	BM 207	CV (%)
Produção (kg ha^{-1})			
Agrossilvipastoril 12x2	4.921 aA*	5.131 aA*	
Agrossilvipastoril 12x4	5.577 aA*	5.075 aA*	18,7
Pleno sol	7.990 a	7.877 a	
Produção (kg ha^{-1} de sistema)^{ns}			
Agrossilvipastoril 12x2	3.123	3.421	
Agrossilvipastoril 12x4	3.718	3.324	11,3

^{ns} Não significativo pelo teste F. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste F. * Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnet ($P < 0,05$).

Outro fator analisado foi a capacidade de produção potencial desses híbridos, que segundo a literatura tem média de 10 a 11 t ha⁻¹ de grãos (HANASHIRO et al., 2013; GUADAGNIN et al., 2011) e populações maiores com até 80.000 plantas por hectare. Entretanto, neste trabalho com população menor, a produção também seria menor. Ressalta-se que, independentemente dos arranjos de árvores e híbridos utilizados, a produtividade de milho grão decresce em relação à do cultivo em pleno sol. Porém, os híbridos responderam, de forma satisfatória, a sistemas sombreados e em áreas declivosas, uma vez que tais resultados são superiores aos da média nacional (4.813 kg ha⁻¹) e semelhantes aos da estadual (5.230 kg ha⁻¹), na safra 2013-2014 (CONAB, 2014) de produção de milho grão em pleno sol.

A produtividade do milho grão foi menor no sistema agrossilvipastoril em relação ao pleno sol, o que se deve à menor área útil (66,7%) de cultivo de milho. Isso indica que o milho se adaptou bem a condições sombreadas e com produtividade suficiente para suprir necessidades do produtor e, ou, amortizar, total ou parcialmente, os custos iniciais com a renovação da pastagem.

Nos arranjos estudados não houve efeito ($P>0,05$) dos espaçamentos nas características massa de 100 grãos e na relação peso do grão/peso da espiga (Tabela 8), tampouco interação entre híbridos de milho e arranjo entre árvores. Isso demonstrando que os dois híbridos de milho e os arranjos utilizados não alteraram essas características.

A baixa população de plantas (43.000 a 44.000 plantas ha⁻¹ sistema) e o maior espaçamento entre fileiras de milho (1,00 m) utilizadas explicam a não influência dos espaçamentos de milho nas características das plantas de milho, pois esses componentes são muito influenciados pela competição intraespecífica (DOURADO NETO et al., 2003). Segundo esses autores, o aumento da população de plantas reduz o tamanho das espigas, influenciando diretamente a produtividade do milho, pois, quanto maior o comprimento da espiga, maior o número potencial de grãos a ser formado por espiga, aumentando a relação grãos/espiga. Contudo, alguns autores defendem que essas características são mais influenciadas pelo genótipo do que por práticas culturais (GOES et al., 2012).

Tabela 8 – Massa de 100 grãos, comprimento de espiga, porção da espiga sem grão, número de grãos por espiga e relação peso do grão/peso da espiga de híbridos de milho aos 110 dias após a semeadura (DAS), cultivados com capim-marandu em diferentes espaçamentos de árvores de eucalipto, em sistemas agrossilvipastoris e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	BM 502	BM 207	CV (%)
Massa de 100 grãos (g)^{ns}			
Agrossilvipastoril 12x2	42,2	42,4	
Agrossilvipastoril 12x4	40,8	41,5	6,9
Pleno sol	43,6	45,11	
Comprimento da espiga (cm)^{ns}			
Agrossilvipastoril 12x2	16,4	16,5	
Agrossilvipastoril 12x4	16,8	16,4	8,1
Pleno sol	18,7	19,5	
Porção da espiga não granada (cm)			
Agrossilvipastoril 12x2	2,3 aA*	2,0 aA*	
Agrossilvipastoril 12x4	2,2 aA*	2,1 aA*	8,9
Pleno sol	0,3 a	0,5 a	
Número de grãos/espiga			
Agrossilvipastoril 12x2	501 aA*	511 aA*	
Agrossilvipastoril 12x4	498 aA*	495 aA*	9,3
Pleno sol	592 a	601a	
Relação peso do grão/peso da espiga^{ns}			
Agrossilvipastoril 12x2	61,3	63,1	
Agrossilvipastoril 12x4	61,0	62,3	3,8
Pleno sol	64,6	65,6	

^{ns} Não significativo pelo teste F. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste F. * Diferem do tratamento do pleno sol pelo teste de Dunnet (P<0,05).

A característica de comprimento de espiga sem grãos e o número de grãos por espiga no sistema agrossilvipastoril diferiram ($P < 0,05$) dos observados no tratamento em pleno sol. Fator esse que se relaciona com a produção de massa seca e de grãos, pois essas características são determinadas primordialmente pela temperatura e pela radiação solar global incidente (DIDONET et al., 2002). Posteriormente à polinização, os primeiros dias constituem o período crítico, pois caso ocorram deficiência nutricional, seca, baixa temperatura ou sombreamento, isso leva ao abortamento dos grãos na parte superior da espiga, fazendo que estes não se desenvolvam e impactando negativamente a produtividade (LARCHER, 1986).

Mesmo com a diminuição do espaçamento de plantas de milho, o sombreamento imposto pelas árvores e a diminuição da temperatura influenciaram a radiação incidente no período de florescimento (atraso de 15 dias no florescimento das plantas nos sistemas agrossilvipastoris em comparação ao sistema em pleno sol), pois é esse o período crítico na determinação do número de grãos, que determinará a translocação de fotoassimilados para espiga e acréscimos na produtividade (ANDRADE et al., 2002). Em geral, essa capacidade de interceptação da radiação incidente está relacionada ao índice de área foliar (AMARAL FILHO et al., 2005), pois fatores como envergadura da folha, desfolhação, deficiência de nutrientes e condições de estresse das plantas comprometem os processos fisiológicos da planta, porém podem ser minimizados pelo melhor arranjo espacial entre as plantas da área (ANDRADE et al., 2002).

Outro fator é a competição por nutrientes (nitrogênio em especial), por luminosidade, fotoassimilados e água, comprometendo eventos ontogênicos vitais ao desenvolvimento da espiga (menor sincronia entre antese e espigamento). Isso ocorre com maior frequência com grãos localizados na ponta da espiga, aos quais são os últimos a serem fecundados, tendo, por conseguinte, menor poder de demanda dentro da espiga por carboidratos e compostos nitrogenados (SANGOI et al., 2002).

4.2. Capim-marandu

O número de plantas de capim-marandu diferiu ($P < 0,05$) (Tabela 9) entre as épocas de avaliação e sistemas de cultivo utilizados (agrossilvipastoril, silvipastoril e em pleno sol), mas não houve interação ($P > 0,05$) entre esses fatores. Também, não houve diferença entre o número de plantas de capim-marandu nos sistemas agrossilvipastoris, sendo menor apenas em relação aos sistemas silvipastoris e em pleno sol.

Tabela 9 – Número de plantas (número m^{-2}) de capim-marandu aos 30, 110 e 145 dias após a semeadura (DAS), cultivado em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4), em sistemas silvipastoris com dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	Épocas de avaliação		
	30 DAS	110 DAS	145 DAS
12x2 Agrossilvipastoril BM 502	22,0 aB	15,3 bA*	10,6 bB*
12x2 Agrossilvipastoril BM 207	21,3 aB	17,3 aA*	8,7 bB*
12x2 Silvipastoril	26,5 aA	19,5 bA*	15,6 bA*
12x4 Agrossilvipastoril BM 502	19,5 aB	11,6 bB*	9,6 bB*
12x4 Agrossilvipastoril BM 207	19,5 aB	13,3 bB*	10,0 bB*
12x4 Silvipastoril	25,5 aA	18,6 bA*	15,0 bA*
Pleno sol	22,5 a	4,8 b	3,8 b
CV (%)		17,6	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). *Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnet ($P < 0,05$).

O menor número de plantas de capim-marandu aos 110 e 145 DAS, quando comparado com o número aos 30 DAS (Tabela 9), possivelmente ocorre em função da maior incidência de luz nos primeiros 30 dias, quando o milho apresenta quatro folhas e, ainda, não houve influência do

sombreamento das folhas do milho sobre o capim-marandu. Entretanto, após 30 DAS, o crescimento é acelerado em função da adubação em cobertura do milho, fechando o dossel, ocorrendo maior competição do capim-marandu por luz, diminuindo, então, sua capacidade de sobrevivência e sobrevivendo, assim, plantas com maior plasticidade fenotípica, e é essa característica que lhes confere maior adaptabilidade a essa oscilação de sombreamento, típico de forrageiras desse gênero (*Brachiaria*) (PACIULLO et al., 2008).

Observa-se que o número de plantas no sistema em pleno sol é baixo, mas vale ressaltar que o tipo de crescimento do capim-marandu é entouceirado, ou seja, uma touceira é composta por vários perfilhos, número esse diferente do número de plantas, em que é contabilizado apenas o número de touceiras. Outro fator é o manejo adotado para as plantas em pleno sol, que tiveram crescimento livre, sem corte ou pastejo durante todo o período em que o milho esteve no sistema.

Para a altura de plantas, houve diferença ($P < 0,05$) entre os sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris, em comparação com em pleno sol, em que o capim-marandu atingiu maiores alturas em pleno sol (Tabela 10). Dentro do sistema agrossilvipastoril, a altura do capim-marandu foi sempre maior ($P < 0,05$) quando consorciado com o híbrido BM 207.

Aos 145 DAS, embora as plantas de milho de ambos os híbridos já estivessem senescidas, o sombreamento ocasionado pelas plantas de milho durante o período de 110 aos 145 DAS provocou maior alongamento dos colmos das plantas de capim-marandu consorciadas com o híbrido BM 207, resultando em maior altura dessas plantas quando em comparação com as cultivadas com o híbrido BM 502. Algumas espécies de plantas apresentam considerável tolerância ao sombreamento durante o desenvolvimento, embora haja limitações genéticas à extensão dessa adaptação (CASTRO; GARCIA, 1996).

Tabela 10 – Altura de plantas (cm) de capim-marandu aos 110 e 145 dias após a semeadura (DAS), cultivado em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4), em sistemas silvipastoris com dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	Épocas de avaliação	
	110 DAS	145 DAS
Agrossilvipastoril BM 502	75,1 bC*	83,7 aC*
12x2 Agrossilvipastoril BM 207	83,2 bB*	95,1 aB*
Silvipastoril	86,4 bB*	124,3 aA*
Agrossilvipastoril BM 502	73,9 aC*	83,1 aC*
12x4 Agrossilvipastoril BM 207	85,1 bB*	104,2 aB*
Silvipastoril	93,1 bA*	126,7 aA*
Pleno sol	118,8 b	151,8 a
CV (%)	20,3	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de F ($P>0,05$). Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P>0,05$). *Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnet ($P<0,05$).

Plantas maiores tendem a ser mais vigorosas, tendo maiores reservas, porém isso pode não ser vantajoso, pois as plantas crescem sob baixa radiação e tendem a estiolar mais, perdendo a estrutura e aumentando a quantidade de fibra, o que faz diminuir o valor nutritivo. Porém, em sistemas em estabelecimento, esse processo pode ser vantajoso quanto se pensa em formação de pasto, pois terá plantas mais vigorosas e, por conseguinte, melhor formação do pasto, já que o pastejo pelos animais só começaria após o período de 145 DAS.

O comprimento de perfilho estendido do capim-marandu diferiu ($P<0,05$) em função dos híbridos de milho, entretanto não diferiu entre os arranjos de árvores ($P>0,05$). E não houve interação entre esses fatores. Em razão das épocas de avaliação, o comprimento de perfilho estendido sempre foi maior ($P<0,05$) aos 145 DAS (Tabela 11). Já comparando os sistemas utilizados, o comprimento de perfilho estendido foi maior nos sistemas em pleno sol, em relação aos sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris.

Tabela 11 – Comprimento de perfilhos estendidos (cm) de capim-marandu aos 30, 110 e 145 dias após a semeadura (DAS), cultivado em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4), em sistemas silvipastoris com dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	Épocas de avaliação	
	110 DAS	145 DAS
Agrossilvipastoril BM 502	97,9 bD*	121,3 aC*
12x2 Agrossilvipastoril BM 207	109,3 bC*	132,5 aB*
Silvipastoril	134,2 bA*	149,5 aA*
Agrossilvipastoril BM 502	92,4 bD*	117,7 aC*
12x4 Agrossilvipastoril BM 207	102,5 bC*	130,5 aB*
Silvipastoril	120,6 bB*	145,3 aA*
Pleno sol	154,3 b	181,7 a
CV (%)	13,2	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de F ($P>0,05$). Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P>0,05$). *Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnet ($P<0,05$).

O maior comprimento de perfilhos de capim-marandu quando consorciado com o milho BM 207 pode estar relacionado à maior intensidade de sombra abaixo do dossel do milho, resposta essa também observada na característica alturas de plantas aos 145 DAS. Em todos os sistemas, houve maior comprimento de perfilho estendido na avaliação aos 145 DAS, e isso pode ser em razão de sua maior idade. Dessa forma, plantas aos 110 DAS continham perfilhos vegetativos mais jovens, resultando em maior comprimento do perfilho estendido aos 145 DAS, uma vez que plantas com perfilhos mais velhos apresentaram maior altura.

O sombreamento influencia diretamente a taxa de alongamento de colmos, porém, neste estudo, plantas em pleno sol também atingiram maiores comprimentos quando estendidas. Isso pode ser atribuído ao maior desenvolvimento de plantas em pleno sol em crescimento livre. O maior comprimento de perfilho estendido pode contribuir negativamente para o

tombamento (acamamento) dos perfilhos, o que resulta em microclimas diferenciados (temperatura, ventilação, luminosidade), que, certamente, irão influenciar os processos intrínsecos e importantes no ecossistema pastagem, como crescimento, senescência e perfilhamento (SANTOS et al., 2010).

A densidade populacional de perfilhos do capim-marandu variou ($P < 0,05$) em função dos híbridos de milho utilizados, porém não foi influenciada ($P > 0,05$) pelos espaçamentos e interação entre esses fatores nos sistemas agrossilvipastoris. Nos sistemas silvipastoris ocorreram maiores ($P < 0,05$) densidades de perfilhos no espaçamento 12x4 m. Já em função dos sistemas de cultivo utilizados houve diferença ($P < 0,05$) entre cultivo em pleno sol e sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris e entre as épocas de avaliação (Tabela 12).

Tabela 12 – Densidade populacional de perfilhos (número m^{-2}) de capim-marandu aos 110 e 145 dias após a semeadura (DAS) em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	Épocas de avaliação	
	110 DAS	145 DAS
Agrossilvipastoril BM 502	51,2 bC*	113,3 aC
12x2 Agrossilvipastoril BM 207	32,8 bD*	78,1 aD*
Silvipastoril	102,3 bB*	215,1 aB*
Agrossilvipastoril BM 502	60,1 bC*	103,1 aC
12x4 Agrossilvipastoril BM 207	45,3 bD*	83,1 aD*
Silvipastoril	172,1 bA*	256,7 aA*
Pleno sol	77,5 b	114,8 a
CV (%)	20,4	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de F ($P > 0,05$). Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). *Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnet ($P < 0,05$).

Maiores densidades de perfilhos em geral resultam em perfilhos mais leves, que são compensados pela quantidade (relação tamanho/densidade). Fato esse que pode explicar o comportamento das plantas nos sistemas com maior disponibilidade de luz (silvipastoril e em pleno sol), pois, embora a altura dos perfilhos tenha sido reduzida com o sombreamento intenso das plantas de milho, a densidade diminuiu apenas nos sistemas agrossilvipastoris. Já nos sistemas em pleno sol e silvipastoris, em que havia maior luminosidade, as plantas podem ter aumentado a exposição da área foliar à luz solar, compensando a produção, o que evidencia que a competição por luz com as plantas de milho foi determinante na produção de perfilhos.

As plantas de capim-marandu em consórcio com milho BM 207, embora sombreadas, aumentaram, entretanto, a altura em relação às cultivadas com milho BM 502. E o número de perfilhos reduziu-se, possivelmente, devido ao alto índice de sombra ocasionado pelo milho, que contribuiu para a redução na incidência de luz fotossinteticamente ativa no dossel do capim-marandu.

Essa queda na densidade de perfilhos em condições de sombreamento intenso realça a importância da luz no surgimento de novos perfilhos em pastagens de gramíneas. Nesse contexto, estudo realizado em pastagem de *B. decumbens* arborizada revelou que o aumento da radiação incidente, de 35% para 65% da luz solar plena, proporcionou incremento de 76% no número de perfilhos (PACIULLO et al., 2007). Em outros estudos, Dias-Filho (2000) e Carvalho et al. (1995) também observaram que em ambiente sombreado houve reduções de 67% e 51%, respectivamente, na densidade populacional de perfilhos. Esse comportamento pode estar associado às melhores condições de crescimento da forrageira em sistemas sombreados, como maior disponibilidade de umidade e nutrientes no solo (KARKI; GOODMAN, 2013).

Dentro do sistema agrossilvipastoril, houve diferença ($P < 0,05$) na densidade de perfilhos quando cultivados com os diferentes híbridos de milho (Tabela 12), e o BM 502 proporcionou maior densidade do que o BM 207 dentro dos espaçamentos estudados. Tal fato pode estar associado à

maior intensidade de luz incidente, em razão da disposição foliar ereta do BM 502.

O sombreamento altera tanto a intensidade quanto a qualidade da radiação incidente no sub-bosque. A redução da relação vermelho:vermelho distante, em condições de sombreamento natural, apresenta importantes efeitos sobre a morfogênese das plantas, o que diminui, principalmente, o perfilhamento das gramíneas (GAUTIER et al., 1999; BARUCH; GUENNI, 2007).

A massa seca de capim-marandu não variou ($P>0,05$) com os híbridos de milho utilizados, porém diferiu ($P<0,05$) entre os arranjos de árvores tanto nos sistemas silvipastoris quanto nos agrossilvipastoris (Tabela 13). Não houve interação entre esses fatores. Houve diferença ($P<0,05$) entre o cultivo em pleno sol e os sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris (Tabela 13).

Tabela 13 – Produção de massa seca (kg ha^{-1}) de capim-marandu aos 110 e 145 dias após a semeadura (DAS), em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	Épocas de avaliação	
	110 DAS	145 DAS
Agrossilvipastoril BM 502	621,3 bD*	1.106,8 aD*
12x2 Agrossilvipastoril BM 207	685,8 bD*	1.132,9 aD*
Silvipastoril	3.239,3 bB	4.682,8 aB
Agrossilvipastoril BM 502	920,4 bC*	1.382,4 aC*
12x4 Agrossilvipastoril BM 207	932,5 bC*	1.345,2 aC*
Silvipastoril	4.582,6 bA*	5.997,5 aA*
Pleno sol	3.599,1 b	4.582,9 a
CV (%)	23,8	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de F ($P>0,05$). Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P>0,05$). *Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnet ($P<0,05$).

No arranjo de árvores de 12x4 m, a produção de massa de capim-marandu foi 42% e 22% maior que a do arranjo 12x2 m aos 110 e 145 DAS, respectivamente (Tabela 13). O mesmo padrão de resposta foi observado por Soares et al. (2009), em plantios mais adensados de árvores de eucalipto, com decréscimo de 45% na produtividade do capim-marandu.

A maior produção nos sistemas silvipastoris (12x4 m) com árvores pode estar relacionada com as melhores condições de crescimento da planta, com maior luminosidade, uma vez que nos sistemas silvipastoris não havia milho e, conseqüentemente, maior incidência de luz nas forrageiras, sendo maior até mesmo a produção nos sistemas em pleno sol, como observado por Castro et al. (2009), que também registraram maiores produções em áreas sombreadas do que em pleno sol. As forrageiras tropicais com metabolismo C4 desenvolvem-se melhor em condições de sol pleno, porém podem se adaptar a ambientes com menor luminosidade, desde que outros fatores limitantes como água e nutrientes sejam supridos.

Nesse contexto, a produção de massa seca é característica muito importante, uma vez que expressa a capacidade de adaptação das forrageiras ao sombreamento. Assim, para que a forrageira seja considerada tolerante ao sombreamento, esta deve apresentar produtividade maior ou semelhante em ambientes sombreados em comparação com ambientes em pleno sol (MARTUSCELLO et al., 2009). Segundo Andrade et al. (2004), em estudos com capim-pensacola foi observado que esta forrageira se adapta a ambientes sombreados, pois apresenta maior crescimento sob níveis intermediários de sombreamento do que em pleno sol.

O percentual de folhas do capim-marandu não diferiu ($P>0,05$) em razão do consórcio com híbridos de milho e arranjos de árvores estudados e não houve interação sobre essas características. Também, os sistemas utilizados não influenciaram ($P>0,05$) o componente foliar nos sistemas agrossilvipastoris e em pleno sol aos 145 DAS e entre os arranjos dos sistemas silvipastoris (Tabela 14).

Tabela 14 – Porcentagem de lâmina foliar verde (LFV), colmo verde (CV), forragem morta (FM) e relação lâmina foliar/colmo (L/C) de capim-marandu aos 110 e 145 dias após a semeadura (DAS) em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	Épocas de avaliação			
	110 DAS	145 DAS	110 DAS	145 DAS
	% LFV		% CV	
12x2 Agrossilvipastoril BM 502	35,3 bA	46,8 aA*	60,1 aA	42,1 bB*
12x2 Agrossilvipastoril BM 207	34,8 bA	45,3 aA*	61,3 aA	41,3 bB*
12x2 Silvipastoril	36,2 bA	37,8 aB*	53,2 aB*	52,1 aA*
12x4 Agrossilvipastoril BM 502	35,8 bA	49,8 aA*	60,9 aA	42,1 bB*
12x4 Agrossilvipastoril BM 207	39,1 bA	46,1 aA*	57,1 aA	40,8 bB*
12x4 Silvipastoril	33,3 aA	28,1 aC*	52,1 aB*	55,1 aA
Pleno Sol	34,9 a	30,2 a	59,1 a	61,8 a
CV (%)	15,8		14,9	
	% FM		Relação L/C	
12x2 Agrossilvipastoril BM 502	4,5 bB	11,2 aB	0,6 bA	1,1 aA*
12x2 Agrossilvipastoril BM 207	4,0 bB	17,3 aA*	0,6 bA	1,0 aA*
12x2 Silvipastoril	10,5 aA*	10,2 aB	0,7 aA	0,7 aB
12x4 Agrossilvipastoril BM 502	3,4 bB	8,2 aB	0,6 bA	1,2 aA
12x4 Agrossilvipastoril BM 207	3,8 bB	13,0 aB*	0,7 bA	1,1 aA*
12x4 Silvipastoril	14,6 aA*	16,7 aA*	0,6 aA	0,5 aB
Pleno Sol	6,0 aB	8,0 a	0,6 a	0,5 a
CV (%)	11,3		5,1	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de F ($P>0,05$). Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P>0,05$). *Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnet ($P<0,05$).

A média da porcentagem na massa de lâmina foliar verde foi de 42%, nos sistemas agrossilvipastoris, 34% nos sistemas silvipastoris e de 32% em pleno sol (Tabela 14). Isso pode estar relacionado com o crescimento livre das plantas em pleno sol, que a partir do ponto ótimo de crescimento a planta começa a lignificar, acumulando menos folhas e mais colmo,

perdendo qualidade e aumentando, assim, a porcentagem de colmos. Já a maior proporção de folhas nos sistemas agrossilvipastoris em relação aos sistemas em pleno sol aos 145 DAS pode estar relacionada à diminuição do sombreamento imposto pelo milho em função do seu ciclo fenológico (senescência das folhas).

As proporções de colmo do capim-marandu não diferiram ($P>0,05$) em função do consórcio com os híbridos de milho e arranjos de árvores estudados, e não houve interação entre essas características. Entretanto, houve diferença ($P<0,05$) entre os sistemas utilizados (Tabela 14). Em pleno sol e nos sistemas silvipastoris, a participação do colmo não diferiu ($P>0,05$) entre as épocas de avaliações. Já nos sistemas agrossilvipastoris houve diferença ($P<0,05$) entre 110 e 145 DAS, bem como entre silvipastoril, agrossilvipastoril e em pleno sol ($P<0,05$).

O decréscimo na proporção de colmos dos 110 para os 145 DAS pode estar associado ao ciclo de crescimento e senescência da planta de milho, pois, à medida que o milho seca as folhas a partir dos 110 DAS, a incidência de luz aumenta, favorecendo o perfilhamento (Tabela 12) e, conseqüentemente, o aumento na porcentagem de folhas oriundas de novos perfilhos, o que resulta em maior proporção de folhas desse componente na massa.

A menor proporção de colmos aos 145 DAS nos sistemas agrossilvipastoris em relação aos sistemas silvipastoris pode estar associada à maior densidade de perfilhos, compensando no tamanho/densidade, uma vez que as plantas, quando submetidas ao menor sombreamento pela presença do milho com folhas senescentes aos 145 DAS, perfilharam mais, diminuindo a proporção de colmos.

Com relação às proporções de forragem morta, não houve efeito ($P>0,05$) do consórcio com os híbridos de milho e dos arranjos de árvores estudados e nem mesmo interação entre esses fatores. Houve diferença ($P<0,05$) entre os sistemas utilizados e entre as épocas de avaliação. A porcentagem de forragem morta foi maior aos 145 DAS e nos sistemas silvipastoris em relação aos demais sistemas, o que pode estar associado ao estágio fisiológico mais avançado da planta, pois, após atingir o máximo crescimento, a planta entra na fase de senescência, resultando em maiores valores de forragem morta.

A relação L/C atingiu maiores valores ($P < 0,05$) apenas aos 145 DAS, que pode ser atribuída à diminuição do sombreamento pela senescência das folhas de milho, o que implicou aumento nas taxas de crescimento e do avanço da maturidade fisiológica, o que favoreceu a colheita de forragem com mais folhas. A relação L/C do capim-marandu nos sistemas silvipastoris é semelhante à do sistema em pleno sol, e isso pode ser indicativo de uma adaptação dessa forrageira à sombra do sub-bosque desses sistemas.

Dias-Filho (2000) também observou aumento da participação de folhas na forragem de espécies do gênero *Brachiaria* em sistemas silvipastoris e atribuiu esse efeito ao sombreamento. Segundo Soares et al. (2009), o sombreamento pode influenciar positivamente a luminosidade por proporcionar modificações estruturais, adaptativas e competitivas, nas folhas para captar maior quantidade de luz.

Todas as variáveis avaliadas (altura de planta, densidade populacional de perfilhos, produção de massa seca, porcentagem de lâminas foliares verdes, colmo verde e relação lâmina/colmo do capim-marandu) aos 90 e 150 dias após a colheita (DAC) do milho grão não diferiram ($P > 0,05$) entre os sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris (Tabelas 15, 16, 17 e 18). Isso pode estar relacionado ao manejo após a colheita do milho grão, que constitui de pastejo para uniformização seguido de adubação nitrogenada em cobertura em todas as unidades experimentais, visando estimular o perfilhamento e desenvolvimento da forrageira. Após o pastejo, os pastos foram vedados para crescimento no período de outono-inverno até 90 DAC, efetuando novamente outro pastejo de uniformização e vedação até 150 DAC.

Com base nos resultados, constata-se que o estabelecimento de pastos em sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris nos arranjos de árvores 12x2 e 12x4 m foram semelhantes, pois, mesmo havendo alterações iniciais no desenvolvimento do capim-marandu quando consorciado com milho, em sistemas agrossilvipastoris, após a colheita do milho as plantas de capim-marandu se desenvolveram semelhantemente às cultivadas em sistemas silvipastoris, fato que pode ser atribuído à alta plasticidade fenotípica dessa forrageira.

A altura do capim-marandu não foi influenciada ($P>0,05$) pelos arranjos de árvores aos 90 e 150 DAC, mas diferiu ($P<0,05$) entre os períodos de avaliação e entre os sistemas em pleno sol, agrossilvipastoris e silvipastoris (Tabela 15). Essa maior altura nos sistemas silvipastoris pode estar relacionada ao maior alongamento dos colmos e menor perfilhamento em sistemas sombreados, como observado por Machado (2012), que estudou a influência de diferentes arranjos de árvores de eucalipto na altura da *Brachiaria decumbens*.

Tabela 15 – Altura de plantas (cm) de capim-marandu aos 90 e 150 dias após a colheita do milho (DAC) no estabelecimento do pasto em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	Épocas de avaliação	
	90 DAC	150 DAC
Agrossilvipastoril BM 502	68,7 bA*	185,3 aA*
12x2 Agrossilvipastoril BM 207	69,3 bA*	188,1 aA*
Silvipastoril	73,4 bA*	190,8 aA*
Agrossilvipastoril BM 502	66,7 bA*	183,4 aA*
12x4 Agrossilvipastoril BM 207	66,3 bA*	180,2 aA*
Silvipastoril	68,7 bA*	188,7 aA*
Pleno sol	50,1 b	155,3 a
CV (%)	26,8	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de F ($P>0,05$), e médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P>0,05$). *Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnet ($P<0,05$).

A densidade populacional de perfilhos não foi influenciada ($P>0,05$) pelos arranjos de árvores e nem pelos sistemas utilizados (silvipastoris e agrossilvipastoris), diferindo ($P<0,05$) apenas dos sistemas consorciados com árvores do em pleno sol e entre as épocas de avaliação (Tabela 16).

Tabela 16 – Densidade populacional de perfilhos (número m⁻²) de capim-marandu aos 90 e 150 dias após a colheita do milho (DAC) no estabelecimento do pasto em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio		Épocas de avaliação	
		90 DAC	150 DAC
	Agrossilvipastoril BM 502	189,7 aA*	93,4 bA*
12x2	Agrossilvipastoril BM 207	178,8 aA*	98,1 bA*
	Silvipastoril	192,3 aA*	102,1 bA*

	Agrossilvipastoril BM 502	178,1 aA*	89,1 bA*
12x4	Agrossilvipastoril BM 207	185,2 aA*	93,8 bA*
	Silvipastoril	193,4 aA*	108,2 bA*

	Pleno sol	234,0 a	69,1 b
CV (%)		23,8	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de F (P>0,05), e médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05). *Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnet (P<0,05).

Em geral, neste estudo a densidade populacional de perfilhos foi abaixo do encontrado na literatura, que varia de 500 a 1.000 perfilhos m⁻² para esse cultivar, dependendo do manejo adotado (SBRISSIA; DA SILVA, 2008). Desse modo, essa baixa produção de perfilhos pode estar associada ao período de crescimento desfavorável (outono-inverno) e ao manejo adotado (crescimento livre, sem adoção de metas de altura de pastejo, visando estimular o estabelecimento do pasto, uma vez que existiam áreas descobertas na pastagem).

A maior competição por luz tanto nos sistemas sombreados quanto nos sistemas em pleno sol, em razão do aumento na altura dos pastos, resulta em menor quantidade de radiação luminosa nos estratos inferiores do pasto, próximo ao solo, local onde ocorre a maior parte do perfilhamento, tendo como resultado menor perfilhamento da gramínea (LANGER, 1963). Assim, a qualidade da luz nessa região também é alterada, com a redução

da luz vermelha e atraso no desenvolvimento das gemas em perfilhos (DEREGIBUS et al., 1983). Dessa maneira, o site filling – proporção das gemas axilares que se desenvolvem em novos perfilhos (SKINNER; NELSON, 1992) – pode ter sido reduzido nos sistemas em pleno sol.

As plantas de capim-marandu cultivadas nos sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris em ambos os arranjos de árvores estudados apresentaram alturas superiores em relação ao pleno sol. Entretanto essas plantas exibiram densidade populacional de perfilhos maior nos sistemas consorciados com árvores aos 150 DAC do que em pleno sol. Esses resultados indicam que, mesmo com menores produções de perfilhos, as condições de sub-bosque com intensidade de sombra média de 47% garantem o desenvolvimento e produção de forragem, além de também proporcionar o bem-estar animal.

A produção de massa seca do capim-marandu não diferiu ($P > 0,05$) entre os sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris aos 90 e 150 DAC, porém houve diferença ($P < 0,05$) na produção de massa entre os arranjos de árvores, nas épocas de avaliação e entre os sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris em relação ao pleno sol (Tabela 17), não havendo interação entre esses fatores.

Houve maior produção de massa de forragem aos 90 e 150 DAC nos arranjos de árvores, no espaçamento de 12x4 m. O que pode estar associado à maior disponibilidade de luz nesse arranjo (Tabela 2). Esse padrão segue o proposto por Nunes (1985), em que o desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu está relacionado à precipitação e umidade relativa do ar. Isso indica que em sistemas silvipastoris as produções de massa seca de forragem por unidade de área podem depender menos das condições de precipitação e umidade relativa do ar. Nesse sentido, Anderson et al. (1988) constataram que, sob copa de árvores, o solo apresentava maior teor de umidade e que, em sistemas silvipastoris, ocorre diminuição da demanda evapotranspirativa das plantas do sub-bosque, devido às condições climáticas amenas, menor velocidade dos ventos e também melhores condições de umidade dentro do sistema.

Tabela 17 – Produção de massa seca (kg ha⁻¹) de capim-marandu aos 90 e 150 dias após a colheita do milho (DAC) no estabelecimento do pasto em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	Épocas de avaliação	
	90 DAC	150 DAC
Agrossilvipastoril BM 502	1.245,3 bB*	3.242,4 aB*
12x2 Agrossilvipastoril BM 207	1.183,4 bB*	3.148,3 aB*
Silvipastoril	1.332,4 bB*	3.303,7 aB*
Agrossilvipastoril BM 502	1.638,3 bA*	3.638,3 aA*
12x4 Agrossilvipastoril BM 207	1.585,4 bA*	3.581,3 aA*
Silvipastoril	1.703,9 bA*	3.695,2 aA*
Pleno sol	3.088,1	4.670
CV (%)	21,3	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de F ($P>0,05$), e médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P>0,05$). *Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnet ($P<0,05$).

O sombreamento imposto pelas árvores associado às chuvas ao final no período de secagem dos grãos de milho causou aumento no tempo para secagem dos grãos no campo, influenciando negativamente o estabelecimento do pasto no outono e inverno. É sabido que o pasto necessita de umidade e fotoperíodo para crescimento adequado. Se limitados esses fatores, o desenvolvimento das plantas forrageiras pode ser comprometido, demandando mais tempo para o estabelecimento, fato esse observado neste estudo, em que o milho, nos sistemas agrossilvipastoris, só pôde ser colhido aos 145 DAS. Esse atraso na colheita coincidiu com a escassez de chuvas (Tabela 1), dificultando o pleno estabelecimento do pasto, que, de acordo com as produções de massa (Tabela 17), só foi alcançado após os 90 DAC.

Houve diferença ($P<0,05$) nas porcentagens de lâmina foliar entre os sistemas sombreados e em pleno sol e entre as épocas de avaliação

(Tabela 18), mas não houve interação entre esses fatores. Os sistemas sombreados com arranjos de árvores 12x4 m, as porcentagens de lâminas foliares foram maiores ($P < 0,05$) que nos arranjos 12x2 m aos 90 DAC. Desse modo, observa-se que o capim-marandu, mesmo sombreado, conseguiu ajustar o comportamento fotossintético, aumentando a proporção de folhas. Fato também observado por Dias-Filho (2002), que avaliou respostas fotossintéticas do capim-marandu sob sombreamento artificial em casa de vegetação.

Não houve diferença ($P > 0,05$) nas porcentagens de colmo verde entre os sistemas sombreados e em pleno sol, exceto na avaliação aos 90 DAC no arranjo de árvores de 12x4 m (Tabela 18). Quanto às épocas de avaliação, a porcentagem de colmos sempre foi maior ($P < 0,05$) aos 150 DAC. Não houve interação ($P > 0,05$) entre arranjos de árvores e épocas de avaliação (Tabela 18).

A maior proporção de colmos aos 150 DAC é resultado do aumento da altura de plantas e menor densidade de perfilhos, compensando no tamanho/densidade dos perfilhos, o que é esperado em pastos com crescimento livre (SBRISSIA; DA SILVA, 2008).

Não houve diferença ($P > 0,05$) nas porcentagens de forragem morta entre os sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris. Já entre esses sistemas e o em pleno sol, houve diferença ($P < 0,05$) (Tabela 18). Quanto às épocas de avaliação, a porcentagem de forragem morta diferiu apenas nos arranjos 12x2 m. Não houve interação ($P > 0,05$) entre arranjos de árvores e épocas de avaliação (Tabela 18).

Quando ocorre maior incidência de luz na base das plantas ocorre maior estímulo ao perfilhamento, como discutido anteriormente (SBRISSIA; DA SILVA, 2008), especialmente quando a condição ambiental volta a ser favorável ao desenvolvimento da forrageira, no início da primavera. Desse modo, plantas com menor altura possuem menor porcentagem de forragem morta, no caso de plantas do sistema em pleno sol, o que certamente reduz a quantidade de forragem morta no estrato inferior das touceiras, propiciando maior luminosidade sobre as gemas basais e, por conseguinte, estimulando o perfilhamento.

Tabela 18 – Porcentagem de lâmina foliar verde (LFV), colmo verde (CV), forragem morta (FM) e relação lâmina foliar/colmo (L/C) de capim-marandu aos 90 e 150 dias após a colheita do milho (DAC) no estabelecimento do pasto em sistemas agrossilvipastoris com dois híbridos de milho (BM 502 e BM 207) e sistemas silvipastoris nos dois arranjos de árvores de eucalipto (12x2 e 12x4) e em pleno sol, em Viçosa, MG

Arranjos de plantio	Épocas de avaliação			
	90 DAC	150 DAC	90 DAC	150 DAC
	% LFV		% CV	
12x2 Agrossilvipastoril BM 502	50,1 aB*	37,8 bB*	33,5 bA	44,3 aA
12x2 Agrossilvipastoril BM 207	52,2 aB*	38,9 bB*	34,6 bA	45,1 aA
12x2 Silvipastoril	54,4 aB*	35,3 bB*	32,0 bA	46,6 aA
12x4 Agrossilvipastoril BM 502	62,7 aA*	43,3 bA*	24,5 bB*	42,2 aA
12x4 Agrossilvipastoril BM 207	61,9 aA*	42,6 bA*	22,6 bB*	41,1 aA
12x4 Silvipastoril	60,8 aA*	41,8 bA*	23,9 bB*	46,9 aA
Pleno sol	68,3 a	50,9 b	29,2 b	45,5 a
CV (%)	16,4		17,8	
	% FM		Relação L/C	
12x2 Agrossilvipastoril BM 502	16,4 aA*	17,9 aA	1,5 aB*	0,9 bA
12x2 Agrossilvipastoril BM 207	13,2 bA*	16,0 aA	1,5 aB*	0,9 bA
12x2 Silvipastoril	13,6 bA*	18,1 aA	1,7 aB*	0,8 bA
12x4 Agrossilvipastoril BM 502	12,8 aA*	14,5 aB	2,6 aA	1,0 bA
12x4 Agrossilvipastoril BM 207	15,5 aA*	16,3 aA	2,7 aA	1,0 bA
12x4 Silvipastoril	15,3 aA*	11,3 bB	2,5 aA	0,9 bA
Pleno sol	2,5 a	3,6 a	2,3 a	1,1 b
CV (%)	13,7		15,0	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de F ($P>0,05$), e médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P>0,05$). *Diferem do pleno sol pelo teste de Dunnet ($P<0,05$).

A relação lâmina foliar/colmo não diferiu ($P>0,05$) entre os sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris. Já entre esses sistemas e em pleno sol teve diferença ($P<0,05$) apenas no arranjo 12x2 m aos 90 DAC (Tabela 18). Quanto às épocas de avaliação, a relação L/C diferiu ($P<0,05$) entre elas. Não houve interação ($P>0,05$) entre arranjos de árvores e épocas de avaliação (Tabela 18).

A maior relação lâmina foliar/colmo no arranjo 12x4 m indica que o sombreamento não influenciou essa variável morfogênica, aumentando a

taxa de manutenção de tecido semissenescente (FRANK; HOFMAN, 1994). Nutricionalmente, a relação lâmina foliar/colmo influencia o consumo voluntário pelos animais em pasto, principalmente quando não há escassez de forragens (FORBES, 1998).

A elevação na produção de massa seca associada à maior altura do pasto (Tabelas 15 e 17) pode ser indicativo de maior alongamento de colmo e conseqüente elevação do teor de fibra das plantas, apesar de não ter sido avaliado neste estudo. A porcentagem de colmo (Tabela 18) foi visivelmente superior, em que houve maior disponibilidade de massa seca (Tabela 17). Houve, também, variação entre os períodos avaliados, em todos os tratamentos, o que certamente reduziu a qualidade da forrageira pela maior proporção de parede celular, em relação ao conteúdo celular. Esse aumento da produção está associado diretamente com alongamento e expansão de folhas, que correspondeu a cerca de 60 a 70% do crescimento da forrageira e também pode ser proveniente do alongamento do colmo, elevando a produção de massa seca, como observado por Fagundes et al. (2005) ao estudarem o capim-braquiária sob sombreamento.

Vale enfatizar que o efeito do sombreamento das árvores sobre o capim-marandu foi mínimo quando comparado com o sombreamento imposto pelo milho, pois a produção de massa de forragem nos sistemas silvipastoris com os dos agrossilvipastoris foi 300% superior à do sistema agrossilvipastoril. Porém, essa diferença não foi mais observada a partir do momento em que o milho foi retirado do sistema, validando a hipótese de que esse grão contribuiu para menores produções de forragem.

A produção de forragem, apesar de ter sido inferior nos sistemas agrossilvipastoris antes do estabelecimento do pasto e superior no sistema silvipastoril (Tabela 13), não inviabiliza o uso de sistemas agrossilvipastoris em relação aos sistemas silvipastoris, uma vez que a produção de milho tanto para grãos quanto para ensilagem pode compensar a escassez de forragem na época seca do ano e, principalmente, amortizar os custos da renovação e, ou, da recuperação das pastagens.

Neste estudo, o atraso no estabelecimento do pasto no outono-inverno foi o tempo gasto para secagem do milho grão no campo, dificultando o crescimento da forrageira em função da queda no fotoperíodo

e escassez de chuvas. A alternativa para evitar esse atraso na colheita do milho é colher milho para ensilagem, que é feita um mês antes ou, caso o produtor tenha como objetivo a colheita de milho grão, antecipar a semeadura do milho para outubro ou colher o milho com umidade superior a 15%. Porém, em determinadas regiões do país, isso pode não ser possível em razão de o início do período chuvoso ser em novembro e até dezembro, sendo a colheita para ensilagem a melhor alternativa.

Outro fator a ser levado em consideração é a utilização de arranjos entre árvores que propiciem maior entrada de luz no sub-bosque, uma vez que o sombreamento proporcionado pelas árvores no espaçamento 12x2 m é superior ao recomendado de até 50% (ANDRADE et al., 2004; PACIULLO et al., 2007; SOARES et al., 2009; GARCEZ NETO et al., 2010).

Dessa forma, os sistemas agrossilvipastoris testados podem ser alternativas interessantes na propriedade rural para a recuperação e, ou, renovação de pastagens em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris com a amortização dos custos decorrentes da venda do milho grão, melhoria na fertilidade do solo (resíduo de fertilizantes da cultura) e receitas com a produção animal e madeira, uma vez que, com cinco anos, árvores de eucalipto já podem ser cortadas utilizando a técnica de desbaste, gerando volume de madeira (Tabela 3) suficiente para garantir renda adicional ao produtor.

5. CONCLUSÕES

A produtividade de grãos dos híbridos de milho BM 207 e BM 502, cultivados em sistemas agrossilvipastoris estabelecidos há cinco anos, é 35% e 34% inferior, respectivamente, ao cultivo em pleno sol e semelhante à média nacional em monocultivo, sendo vantajoso na recuperação de pastagens.

A produtividade de massa verde a ser ensilada dos híbridos de milho BM 207 e BM 502, cultivados em sistemas agrossilvipastoris estabelecidos há cinco anos, é 40% e 56% inferior, respectivamente, ao cultivo em pleno sol.

A utilização dos híbridos de milho BM 207 e BM 502 não influenciaram a renovação do pasto de capim-marandu consorciado com plantas de eucalipto, estabelecidas há cinco anos, apresentando características morfológicas ideais para o estabelecimento do pasto.

Os sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris, nos espaçamentos 12x2 e 12x4 de eucalipto, são potenciais para a renovação de pastagens com capim-marandu, mesmo após cinco anos do plantio de eucalipto.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC). **Estatísticas de exportação de carne**. São Paulo: ABEIC, 2013. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br>>. Acesso em: 13 Out. 2014.

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, A. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 442 p.

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M.; SANGOI, L. Evocação de afilhos pela qualidade da luz em plantas de trigo cultivadas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p. 25-36, 2000.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CATARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 467-473, 2005.

ANDERSON, G. W. et al. The integration of pasture, livestock and widely-space pine in South West Western Australia. **Agroforestry Systems**, Holanda, v. 6, n. 1, p. 195-211, 1988.

ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C. et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.

ANDRADE, C. M. S.; CARNEIRO, J. C.; VALENTIM, J. F.; SALES, M. G. Efeito do sombreamento sobre as taxas de acumulação de matéria seca de quatro gramíneas forrageiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, R. P.; ALMEIDA, J. C. C.; ARAÚJO, S. A. C.; RIBEIRO, E. T.; PÁDUA, F. T.; CARVALHO, C. A. B.; BONAPARTE, T. P.; DEMINICIS, B. B.; LISTA, F. N. Produção e composição química de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril sob diferentes espaçamentos com *Eucalyptus urophylla* s.t. blake. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 1, p. 90-98, 2013.

BAHMANI, I.; HARZARD, L.; VARLET-GRANCHER, C. et al. Differences in tillering of long- and short-leaved Perennial Ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. **Crop Science**, v. 40, p. 1095-1102, 2000.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura · pecuária · floresta (iLPF)**. Brasília: Embrapa, 2011. 130 p.

BARUCH, Z.; GUENNI, O. Irradiance and defoliation effects in three species of the forage grass *Brachiaria*. **Tropical Grasslands**, v. 41, p. 269-276, 2007.

BOSI, C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SENTELHAS, P. C.; SANTOS, P. M.; NICODEMO, M. L. F. Produtividade e características biométricas do capim-braquiária em sistema silvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 449-456, Jun. 2014.

CARRILHO, P. H. M.; ALONSO, J.; SANTOS, L. D. T.; SAMPAIO, R. A. Vegetative and reproductive behavior of *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk under different shade levels. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 46, p. 85-90, 2012.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R. de; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 277-289, 2010.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; ANDRADE, A. C. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). **Pasturas Tropicais**, v. 17, n. 1, p. 24-30, 1995.

CASTRO, C. R.; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; MULLER, M. D.; NASCIMENTO JR., E. R. Características agrônômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, 2009.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 26, n. 1, p. 167-174, 1996.

COELHO, J. S.; ARAÚJO, S. A. C.; VIANA, M. C. M.; VILLELA, S. D. J.; FREIRE, F. M.; BRAZ, T. G. S. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária em sistema silvipastoril com diferentes arranjos espaciais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1487-1500, 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, nono levantamento, Brasília, v. 1, n. 9, p. 80, 2014.

DEREGIBUS, V. A.; SANCHEZ, R. A.; CASAL, J. J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, v. 27, p. 900-912, 1983.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; RESENDE, A. S.; URGUAGA, S.; ROCHA, G. P.; MOREIRA, J. F.; FRANCO, A. A. Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim *Survenola* crescido em consórcio. **Ciência Rural**, v. 37, p. 352-356, 2007.

DIAS-FILHO, M. B. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 65-68, 2002.

DIAS-FILHO, M. B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 2335-2341, 2000.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L.; IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 933-938, 2002.

DING, S.; SU, P. Effects of tree shading on maize crop within a Poplar-maize compound system in Hexi Corridor oasis, northwestern China. **Agroforestry Systems**, v. 80, p. 117-129, 2010.

DOURADO NETO, D. D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, p. 63-77, 2003.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.397-403, 2005.

FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. Wallingford: CAB International, 1998. 532 p.

FRANK, A. B.; HOFMAN, L. Light quality and stem numbers in cool-season forage grasses. **Crop Science**, v. 34, p. 468-473, 1994.

FREITAS, E. C. S. de; OLIVEIRA NETO, S. N. de; FONSECA, D. M. da; SANTOS, M. V.; LEITE, H. G.; MACHADO, V. D. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, v. 37, p. 409-417, 2013.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, M. V.; AGNES, E. L.; CARDOSO, A. A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.

GARCEZ NETO, A. F.; GARCIA, R.; MOOT, D. J.; GOBBI, K. F. Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 42-50, 2010.

GARCEZ NETO, A. F. **Avaliação fisiológica, morfológica e estrutural de forrageiras de clima temperado sob diferentes regimes de luminosidade**. 2006. 102 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

GAUTIER, H.; VARLET GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, v. 83, p. 423-429, 1999.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A. F.; PEREIRA, O. G.; VENTRELLA, M. C.; ROCHA, G. C. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1645-1654, 2009.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; VILELA, R. G. Nitrogênio em cobertura para o milho (*Zea mays* L.) em sistema plantio direto na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2012.

GÓMEZ, S.; GUENNI, O.; GUENNI, L. B. de. Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *Brachiaria decumbens* Stapf. **Grass and Forage Science**, v. 68, p. 395-407, 2013.

GUADAGNIN, J. P.; RODRIGUES, L. R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; EMYGDIO, B. M.; AMES, C. G.; BUZZETTI, D.; SANTOS, F. M.; MACHADO, J. R. A.; CARAFFA, M.; TRENTIN, R. Avaliação de cultivares de milho de ciclo precoce para indicação no estado do Rio Grande do Sul – Safra 2010/2011. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 17, n. 1, p. 67-72, 2011.

HANASHIRO, R. K.; MINGOTTE, F. L. C.; FORNASIERI FILHO, D. Desempenho fenológico, morfológico e agrônômico de cultivares de milho em Jaboticabal-SP. **Científica**, v. 41, n. 2, p. 226-234, 2013.

KARKI, U.; GOODMAN, M. S. Microclimatic differences between young longleaf-pine silvopasture and open-pasture. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 2, p. 303-310, 2013.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Integração lavoura-pecuária. 1. ed. Santo Antonio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 131-141.

LACERDA, C. F.; CARVALHO, C. M.; VIEIRA, M. R.; NOBRE, J. G. A.; NEVES, A. L. R.; RODRIGUES, C. F. Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 18-24, 2010.

LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grass. A review. **Herbage Abstracts**, v. 33, p. 141-148, 1963.

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

LEME, T. M. S. P.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. M. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 29, n. 3, p. 668-675, 2005.

LUCAS, N. M. **Desempenho animal em sistema silvipastoril com Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) e rendimento de matéria seca de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob dois regimes de luz solar**. 2004. 118 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MACEDO, R. L. G.; BEZERRA, R. G.; VENTURINI, N.; VALE, R. S.; OLIVEIRA, T. K. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agronômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 701-709, 2006.

MACHADO, V. D. **Pastagens de capim-braquiária em sistema silvipastoril com eucalipto**. 2012. 67 f. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. A.; CUNHA, D. N. F. V. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1183-1190, 2009.

MENDES, M. M. S.; LACERDA, C. F.; CAVALCANTE, A. C. R.; FERNANDES, F. E. P.; OLIVEIRA, T. S. Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau-branco em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1342-1350, 2013.

MISLEVY, P.; MOTT, G. O.; MARTIN, F. G. Screening perennial forages by mob-grazing technique. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14., 1981, Lexington. **Proceedings...** Boulder: Westview Press, 1981.

MÜLLER, M. D.; SALLES, T. T.; PACIULLO, D. S. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. R. T. Equações de altura, volume e afilamento para eucalipto e acácia estabelecidos em sistema silvipastoril. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 473-484, 2014.

MÜLLER, M. D.; NOGUEIRA, G. S.; CASTRO, C. R. T. de; PACIULLO, D. S. C.; ALVES, F. F.; CASTRO, R. V. O.; FERNANDES, E.N. Economic analysis of an agrossilvipastoral system for a mountainous area in Zona da Mata Mineira, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1148-1153, 2011.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; MACEDO, R. L. G.; MOREIRA, F. M. de S.; D'NADRÉA, A. F. Indicadores biológicos da qualidade do solo em sistema agrossilvipastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 105-112, 2009.

NUNES, S. G. et al. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1985. 31 p. (Documentos, 21).

OLIVEIRA, F. L. R.; MACHADO, V. D.; VELOSO, A. C. G. Seleção de espécies para sistemas agrossilvipastoris. **Revista Eletrônica de Pesquisa Animal**, v. 1, n. 2, p. 99-118, 2013.

OLIVEIRA, F. L. R. **Recuperação de pasto, associada à produção de silagem de sorgo e madeira, em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. 2011 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Área de concentração em Agroecologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, MG.

PACIULLO, D. S. C.; PIRES, M. F. A.; MULLER, M. D.; CASTRO, C. R. T.; GOMIDE, C. A. M. **Sistemas agrossilvipastoris como alternativa para produção de ruminantes**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2012. (Biblioteca(s): CNPGL).

PACIULLO, D. S. C.; FERNANDES, P. B.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; SOUZA SOBRINHO, F.; CARVALHO, C. A. B. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 270-276, 2011.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; GOMIDE, C. A. M.; FERNANDES, P. B.; ROCHA, W. S. D.; MÜLLER, M. D.; ROSSIELLO, R. O. P. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvipastoral system. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 401-407, 2010.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M., CASTRO, C. R. T.; TAVELA, R. C.; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento do pasto de capim-braquiária influenciado pelo nível de sombreamento e pela a estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 317-323, 2008.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, 2007.

PERI, P. L.; LUCAS, R. J.; MOOT, D. J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforestry Systems**, v. 70, p. 63-79, 2007.

PHOLSEN, S.; SUKSRI, A. Effects of phosphorus and potassium on growth, yield and fodder quality of IS 23585 Forage *Sorghum* (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Islamabad, v. 10, n. 10, p. 1604-610, 2007.

ROBSON, M. J.; RYLE, G. J. A.; WOLEDGE, J. The grass plant – Its form and function. In: JONES, M. B.; LAZENBY, A. (Ed.). **The grass crop**. London: Chapman e Hall, 1988. p. 25-83.

RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, J. Fertilidade do solo e produtividade da pastagem em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 53-61, 2012.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 1, p. 70-79, 2013.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 101-110, 2002.

SANTOS, D. C.; FARIAS, M. O.; LIMA, C. L. R.; KUNDE, R. J.; PILLON, C. N.; FLORES, C. A. Fracionamento químico e físico da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Ciência Rural**, v. 43, n. 5, p. 838-844, 2013.

SANTOS, M. S.; OLIVEIRA, M. E.; RODRIGUES, M. M.; VELOSO FILHO, E. S.; CARDOSO NETO, J. A. Estrutura e valor nutritivo de pasto de capim-tanzânia e marandu aos 22 e 36 dias de rebrota para ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, p. 35-46, 2012.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; BALBINO, E. M.; SILVA, S. P.; MONNERAT, J. P. I. S. Variabilidade espacial e temporal da vegetação em pastos de capim-braquiária diferidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 727-735, 2010.

SANTOS, M. V. **Renovação de pastagem em plantio direto e sistema agrossilvipastoril**. 2009. 127 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

SARTOR L. R.; ADAMI, P. F.; FONSECA, L.; MIGLIORINI, F.; COLETTI, V.; SOARES, A. B. Efeito de diferentes densidades arbóreas nas variáveis. **Seminário Sistemas de Produção Agropecuária**, v. 1, p. 86-88, 2007.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p. 35-47, 2008.

SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Estimations of potential tiller production and site usage during tallfescue canopy development. **Annals of Botany**, v. 70, p. 493-499, 1992.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2, p. 443-451, 2009.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F. da; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A. A. da; ENDRIGO, P. C.; JANDREY, D. B. Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 346-353, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução por Eliane Romanato Santarém et al. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TRINDADE, J. K.; DA SILVA, S. C.; SOUZA JÚNIOR, S. J.; GIACOMINI, A. A.; ZEFERINO, C. V.; GUARDA, V. D. A.; CARVALHO, P. C. F. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 883-890, 2007.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1.127-1138, 2011.

XAVIER, D. F.; LÉDO, F. J. da S.; PACIULLO, D. S. de C.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Nitrogen cycling in a Brachiaria-based silvopastoral system in the Atlantic forest region of Minas Gerais, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 99, p. 45-62, 2014.

WELLES, J. M.; NORMAN, J. M. Instrument for Indirect Measurement of Canopy Architecture. **Agronomy Journal**, v. 83, p. 818-825, 1991.

WENDLING, I. J. **Produtividade e valor nutritivo do capim-braquiária em sistemas silvipastoris com eucalipto e acácia adubados com nitrogênio.** 2011. 76 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

WENZL, P.; CHAVES, A. L.; PATIÑO, G. M.; MAYER, J. E.; RAO, I. M. Aluminum stress stimulates the accumulation of organic acids in root apices of *Brachiaria* species. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 165, n. 5, p. 582-588, 2002.