



CERNE

ISSN: 0104-7760

cerne@dcf.ufla.br

Universidade Federal de Lavras

Brasil

Lopes Ramos de Oliveira, Fabiana; Dias Cabacinha, Christian; Tuffi Santos, Leonardo David; Gomes Barroso, Dalvânia; dos Santos Júnior, Antônio; Caldeira Brant, Matheus;

Arruda Sampaio, Regynaldo

CRESCIMENTO INICIAL DE EUCALIPTO E ACÁCIA, EM DIFERENTES ARRANJOS DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

CERNE, vol. 21, núm. 2, abril-junio, 2015, pp. 227-233

Universidade Federal de Lavras

Lavras, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74441023008>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Fabiana Lopes Ramos de Oliveira¹, Christian Dias Cabacinha², Leonardo David Tuffi Santos², Dalvânia Gomes Barroso², Antônio dos Santos Júnior³, Matheus Caldeira Brant², Reginaldo Arruda Sampaio²

CRESCIMENTO INICIAL DE EUCALIPTO E ACÁCIA, EM DIFERENTES ARRANJOS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Palavras chave:
Acacia mangium
Altura relativa
Cubagem
Eucalyptus
Sistemas agrossilvipastoris

Histórico:
Recebido 07/03/2012
Aceito 21/01/2015

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o crescimento inicial de árvores de eucalipto clonal, híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e acácia (*Acacia mangium*) em fileiras alternadas ou não; em consórcio com forrageiras em ILPF e em monocultivo. O delineamento utilizado foi em blocos completos ao acaso, com quatro repetições, com três arranjos arbóreos constituídos de eucalipto, eucalipto + acácia, acácia, todos na integração lavoura-pecuária-floresta e duas testemunhas em monocultivo (eucalipto e acácia). A altura das árvores de eucalipto é influenciada pelo consórcio com acácia nos arranjos estudados na ILPF, o que não acontece com o diâmetro à altura do peito. O arranjo das espécies de eucalipto e acácia consorciados na mesma linha de plantio possui produtividade igual ao arranjo, utilizando apenas eucalipto nas linhas de plantio em sistemas de ILPF. A produtividade de madeira de eucalipto no arranjo de eucalipto e acácia na mesma linha da ILPF é menor do que em cultivo sozinho na linha, porém, a soma da madeira produzida pelas duas espécies é superior ao arranjo de apenas eucalipto na linha de plantio da ILPF.

PRODUCTIVE BEHAVIOR OF EUCALYPTUS AND ACACIA, IN DIFFERENT ARRANGEMENTS OF CROP-LIVESTOCK-FOREST INTEGRATION

Keywords:
Acacia mangium
Relative height
Cubage
Eucalyptus
Agrosilvopastoral systems

Correspondência:
fabianalro@gmail.com

ABSTRACT: The objective was to evaluate initial growth of clonal Eucalyptus, hybrid *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* and Acacia (*Acacia mangium*) trees in alternate and not alternate rows of trees, intercropped with forage (crop-livestock-forest integration - CLFI) and monoculture. The design was a randomized complete block design with four replications, three arboreal arrangements consisting of eucalyptus, acacia + eucalyptus, acacia, all planted in crop-livestock-forest integration and two monoculture controls (Eucalyptus and Acacia). The height of eucalyptus trees is influenced by the consortium with Acacia in the studied CLFI designs, which does not happen with the diameter at breast height. The arrangement of species of eucalyptus and acacia intercropping in the same row planting has productivity equal to the array using only the lines of eucalyptus planting systems. Timber productivity of acacia and eucalyptus in the same row is less than the same species line, however, the sum of the timber produced from the two species is greater than the arrangement of eucalyptus only row in CLFI.

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Diamantina, Minas Gerais, Brasil

² Universidade Federal de Minas Gerais - Montes Claros, Minas Gerais, Brasil

³ Universidade Federal de Viçosa - Viçosa, Minas Gerais, Brasil

DOI:

10.1590/01047760201521021489

INTRODUÇÃO

O restabelecimento da capacidade produtiva das plantas forrageiras em pastagens degradadas é fundamental para a intensificação da atividade pecuária no Brasil, e a consorciação de espécies pelos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) desponta como opção viável na recuperação e na renovação de áreas degradadas.

Assim, a utilização de plantios florestais mistos como forma de recuperação de pastagens ainda é incipiente, porém o uso de leguminosas arbóreas, juntamente com espécies tradicionalmente utilizadas, como eucalipto, torna a utilização do solo mais eficiente, tanto física como quimicamente, em função das diferenças no sistema radicular e na exigência nutricional das espécies envolvidas (KLEINPAUL et al., 2010), além do aumento do aporte de nitrogênio pelas leguminosas, a partir da fixação simbiótica com bactérias (PACIULLO et al., 2007).

O eucalipto cultivado na ILPF pode ser direcionado a diversos usos, porém o uso comercial, como madeira para serraria, é o que mais tem sido utilizado pelos produtores, em razão do maior retorno financeiro. Já, a leguminosa arbórea *Acacia mangium* é uma espécie promissora, usada para lenha, madeira para fabricação de móveis, fornecimento de polpa para papel, conforto térmico para animais e produção de mel, e ser adaptada a solos ácidos e com baixo teor de fósforo (GONÇALVES; LELIS, 2012; NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1983).

A produção de madeira é comumente avaliada pelo volume de madeira produzido por unidade de área em um intervalo de tempo, quantificada nos inventários florestais. Durante o inventário florestal, árvores são cubadas para a obtenção do volume e geração de equações matemáticas para estimar o volume das árvores de parcelas. A cubagem pode ser realizada em árvores abatidas ou em árvores em pé (OLIVEIRA, M. et al., 2009). O método geométrico para quantificação do volume, desenvolvido por Andrade e Leite (2001), baseado na altura relativa, tem como vantagem a rapidez e redução de custos, além de ser um método não destrutivo de árvores. Nesse método, por meio de modificações algébricas feitas no coeficiente angular da reta, formada em intervalos pré-definidos na árvore em pé, ou seja, sem o corte, são geradas as expressões taper. Com essas expressões, pode-se estimar o diâmetro em qualquer altura da árvore e vice-versa e, assim, o perfil dos fustes pode ser reconstituído e os seus volumes,

calculados, a partir de fórmulas específicas, como a de Smalian (CHAPMAN; MEYER, 1949).

Esta pesquisa foi realizada, com o objetivo de avaliar o crescimento e a produção de um clone de eucalipto e acácia (*Acacia mangium*), quando cultivados em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, por meio de métodos não destrutivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), estabelecido em janeiro de 2009, nas coordenadas 16°40'3.17", de latitude sul, 43°50'40.97", de longitude oeste, a 598 metros de altitude. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é o Aw - Tropical de Savana, caracterizado por temperaturas anuais elevadas e regime de chuvas marcado por duas estações bem definidas, com verão chuvoso e inverno seco. Foi realizada a análise de solo, que apresentou as seguintes características: pH em água: 6,5; P Melich (mg·kg⁻¹): 6,0; K (mg·kg⁻¹): 353; Ca (cmolc·dm⁻³): 7,50; Mg (cmolc·dm⁻³): 3,00; H+Al (cmolc·dm⁻³): 1,86; M.O.(dag·kg⁻¹): 4,23; Silte (dag·kg⁻¹): 16,00; Argila (dag·kg⁻¹): 28,00, de textura média.

O delineamento utilizado foi em blocos completos ao acaso, com quatro repetições, com três arranjos arbóreos constituídos de eucalipto (Híbrido de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*), eucalipto + acácia (*Acacia mangium*), acácia, todos na integração lavoura-pecuária-floresta e mais duas testemunhas em monocultivo (eucalipto e acácia). As unidades experimentais na ILPF possuíam três linhas de seis plantas cada, com dimensões 20 m² cada árvore. As linhas eram espaçadas a cada 10 m, intercaladas com sorgo e gramíneas forrageiras, sendo o espaçamento na fileira de dois metros entre árvores. Já, no cultivo exclusivo do eucalipto e da acácia, tinha dimensões de seis metros quadrados, sendo três metros entre fileiras e dois metros entre árvores nas fileiras.

Antes do plantio, foi realizada uma dessecação prévia da vegetação, utilizando-se 1.800 g·ha⁻¹ de glyphosate, aplicado com pulverizador costal, equipado com lança simples e ponta TT111002, pressão de trabalho de 300 kPa e volume de calda de 180 L·ha⁻¹. O plantio das mudas de eucalipto e acácia foi realizado em dezembro de 2008, com espaçamento de 2 m entre plantas na linha de cultivo, em covas de abertura circular com 40 cm de diâmetro, previamente adubadas com 100 g de superfosfato simples por cova. Foram utilizadas mudas de eucalipto, com 30 cm de altura e plantas de acácia, produzidas via propagação semínifera, com,

aproximadamente, 50 cm de altura. As mudas foram arranjadas de acordo com os tratamentos: seis mudas de eucalipto espaçadas de dois metros, para o tratamento eucalipto na ILPF, três mudas de eucalipto e três mudas de acácia intercaladas na linha para o tratamento eucalipto e acácia na ILPF espaçadas de dois metros, e seis mudas de acácia espaçadas de dois metros para o tratamento acácia na ILPF. O eucalipto e a acácia foram cultivados em monocultivo em uma área de 450 m², com espaçamento de 3 x 2 m.

Após 15 dias do transplântio das mudas, foi realizada adubação, utilizando-se 18 g por cova de bórax e 100 g por cova da fórmula 4-30-10 (NPK). Aos 90 e 150 dias após o transplântio (DAT) das mudas de eucalipto e de acácia, foi realizada uma adubação de cobertura com 150 g.planta⁻¹ de KCl e, aos 270 DAT, com 100 g.planta⁻¹ da fórmula 10-30-10 (N-P-K) (RIBEIRO et al., 1999), como adubação de reforço.

O sorgo e as forrageiras na ILPF foram cultivados na entrelinha das árvores em dois ciclos, com a implantação do consórcio nas entrelinhas em fevereiro de 2009, com colheita do sorgo silagem em maio/2009, permanecendo as forrageiras na área (1^o ciclo). Em janeiro de 2010, as forrageiras foram dessecadas com glyphosate para implantação do sorgo consorciado com forrageiras, sendo a silagem colhida em maio/2010, permanecendo, novamente, nas entrelinhas as forrageiras (2^o ciclo). Na implantação do sorgo, independentemente do ciclo, foram usados 300 Kg.ha⁻¹ da formulação 6-30-6 (NPK) no plantio e 80 Kg.ha⁻¹ de N, utilizando-se o sulfato de amônio, o qual foi distribuído, manualmente, ao longo das linhas de cultivo aos 30 dias após o plantio.

Para a avaliação de crescimento, realizou-se a mensuração da altura e do diâmetro a 1,30 metros do solo (DAP) do eucalipto e da acácia, aos 13, 18 e 25 meses após o transplântio das mudas, utilizando-se régua de madeira e fita métrica, respectivamente. Para a avaliação de produção de madeira, realizada aos 25 meses, as árvores foram cubadas em pé, pelo método geométrico original (MGO) (ANDRADE; LEITE, 2001). Nas parcelas em consorciação, procedeu-se à amostragem de duas plantas centrais de cada fileira pertencente à parcela. No cultivo exclusivo de eucalipto e acácia, foram avaliadas 30 plantas, aleatoriamente, eliminando aquelas nas bordaduras das parcelas.

A partir dos diâmetros em: 0,3 m (toco), 1,3 m (DAP), na altura relativa (dhr) e na altura total, utilizaram-se um relascópio de Bitterlich e uma suta. Foram obtidos os coeficientes angulares das retas, para o intervalo do fuste (intervalo 0,3 m a 1,30 m; 1,30 m

à altura relativa e da altura relativa à altura do topo). Os coeficientes angulares das retas geraram equações taper que possibilitaram estimar os diâmetros nos três intervalos distintos do fuste. Após estimar os diâmetros nas várias alturas das árvores, os perfis das mesmas foram reconstituídos e os volumes foram calculados, utilizando-se a fórmula de Smalian (LEITE; ANDRADE, 2004).

Com os volumes das árvores obtidos pelo método geométrico, ajustaram-se diferentes modelos volumétricos. Para selecionar as equações que obtiveram o melhor desempenho na estimativa do volume das árvores que não foram cubadas, para cada tratamento, foram ajustados modelos volumétricos disponíveis na literatura e uma equação foi selecionada, de acordo com os seguintes critérios: análise gráfica dos resíduos, erro padrão residual em porcentagem (Syx) e coeficiente de determinação (R²) em porcentagem. A análise de regressão permitiu avaliar qual era a melhor equação de volume para cada bloco experimental e, também, para cada tratamento (Tabela 1).

A partir dos dados de volume de madeira, foi determinado o incremento médio anual de madeira para o eucalipto e acácia, a partir da equação 1, onde V = Volume por tratamento em hectare e T = Tempo em anos.

$$IMA = V/T \quad [1]$$

Os dados de altura, DAP e volume obtidos pelo MGO das árvores foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e os dados de alturas e DAP foram comparados mediante superposição das barras do erro-padrão da média de cada tratamento (OLIVEIRA et al., 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O plantio de eucalipto e acácia alternadas na linha de plantio não interferiu no crescimento do eucalipto, avaliado aos 13 meses de idade. Porém, aos 18 e 25 meses pós-plantio, a altura do eucalipto foi menor no cultivo alternado na linha com acácia, em comparação ao seu cultivo sozinho nas fileiras de árvores na integração lavoura-pecuária-floresta - ILPF (Figura 1). As forrageiras não influenciaram no crescimento e produção de madeira, uma vez que foram cultivadas nas entrelinhas das árvores, com 1,5 metros de distâncias das fileiras.

O DAP das plantas de eucalipto, avaliado aos 13, 18 e 25 meses de idade não foi influenciado pelo arranjo

TABELA 1 Equações volumétricas selecionadas para os diferentes tratamentos da ILPF e monocultivo
TABLE 1 Volumetric equations selected for different treatments of the crop-livestock-forest integration and monoculture

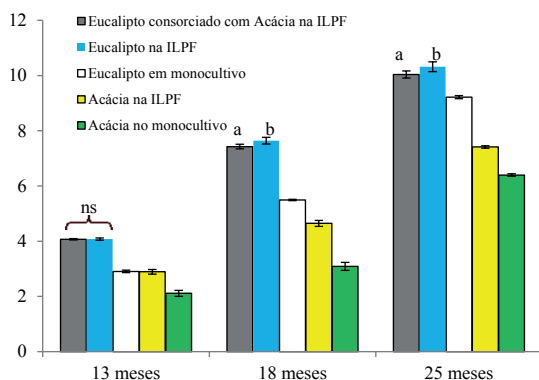
Tratamentos	Bloco	Modelo	Coeficientes					Syx (%)	R² (%)	
			b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄			b ₅
Eucalipto e Acácia na ILPF	1	$V = \beta_0 \text{dap}^{\beta_1} \text{ht}^{\beta_2} + \varepsilon$	0,000027	2,8803	0,2453	-	-	-	20,91	91,10
	2	$V = \beta_0 + \beta_1 \text{dap}^2 \text{ht} + \varepsilon$	-0,00018	0,00003	-	-	-	-	30,24	76,22
	3	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{dap}^2 \text{ht}) + \varepsilon$	-11,7743	1,2253	-	-	-	-	35,80	68,62
	4	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1(\ln \text{dap}) + \beta_2(\ln \text{ht}) + \varepsilon$	-13,6805	1,0266	3,4817	-	-	-	27,65	83,90
Eucalipto na ILPF	1	$V = \beta_0 + \beta_1 \text{dap}^2 \text{ht} + \varepsilon$	-0,0031	0,000036	-	-	-	-	24,74	78,88
	2	$V = \beta_0 + \beta_1 \text{dap} + \beta_2 \text{dap}^2 + \beta_3 \text{dapht} + \beta_4 \text{dap}^2 \text{ht} + \beta_5 \text{ht} + \varepsilon$	0,0183	0,000409	-0,00049	-0,00045	0,00011	-0,00039	33,50	71,33
	3	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{dap}^2 \text{ht}) + \varepsilon$	-11,2184	1,1397	-	-	-	-	25,27	60,60
	4	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1(\ln \text{dap}) + \beta_2(\ln \text{ht}) + \varepsilon$	-11,0756	1,9612	1,4256	-	-	-	28,18	94,22
Eucalipto em Monocultivo	-	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1(\ln \text{dap}) + \beta_2(\ln \text{ht}) + \varepsilon$	-9,4787	1,7651	0,6909	-	-	-	3,58	98,85
Acácia na ILPF	1	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1(\ln \text{dap}) + \beta_2(\ln \text{ht}) + \varepsilon$	-8,2697	0,4553	1,5698	-	-	-	18,63	81,63
	2	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1(\ln \text{dap}) + \beta_2(\ln \text{ht}) + \varepsilon$	-8,7757	1,0592	1,3616	-	-	-	22,43	85,00
	3	$V = \beta_0 + \beta_1 \text{dap} + \beta_2 \text{dap}^2 + \beta_3 \text{dapht} + \beta_4 \text{dap}^2 \text{ht} + \beta_5 \text{ht} + \varepsilon$	-0,1557	0,0369	-0,00235	-0,0061	0,00041	0,0271	20,95	79,58
	4	$V = \beta_0 + \beta_1 \text{dap} + \beta_2 \text{dap}^2 + \beta_3 \text{dapht} + \beta_4 \text{dap}^2 \text{ht} + \beta_5 \text{ht} + \varepsilon$	0,0396	-0,0121	0,0012	0,0023	-0,00018	-0,0074	19,09	79,14
Acácia no Monocultivo	-	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1(\ln \text{dap}) + \beta_2(\ln \text{ht}) + \varepsilon$	-8,9435	1,6424	0,6968	-	-	-	27,75	75,30

de duas espécies arbóreas alternadas na linha de plantio (Figura 2), assim como a produtividade aos 25 meses de idade ($p \geq 0,05$) (Tabela 2).

A altura e o diâmetro à altura do peito (DAP) de árvores de eucalipto cultivadas na ILPF foram maiores que os observados no monocultivo dessas espécies, quando cultivadas no espaçamento 3×2 m (Figura 1, 2 e 3), assim como as árvores de acácia, que apresentaram, também, menor crescimento no monocultivo, quando comparado ao seu cultivo na ILPF (Figura 1 e 3).

Em plantios adensados de eucalipto, a competição estimula o crescimento em altura (OLIVEIRA, T. et al., 2009), diferente do ocorrido no presente ensaio. Já, Coelho et al. (2007), ao estudarem o comportamento de *Eucalyptus grandis* consorciado com diversas leguminosas, inclusive a *Acacia mangium*, não observaram diferença na altura entre os tratamentos até os 24 meses de idade. Laclau et al. (2008), em avaliação de plantio misto com *Acacia mangium*, não observaram diferença na altura de *E. grandis* nas diversas proporções de plantio árvores.

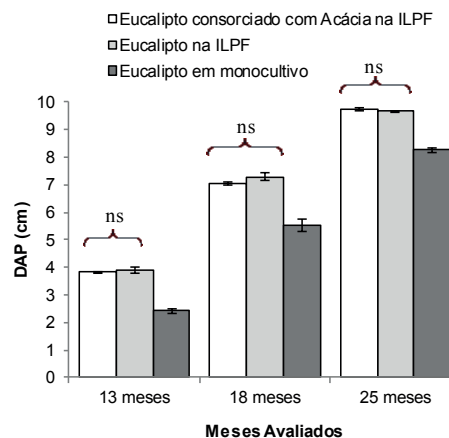
Em plantios mistos de *E. grandis* e *A. mangium*, em diferentes proporções de mistura, Laclau et al. (2008) observaram que a altura do eucalipto é 20% menor em relação ao monocultivo exclusivo, diferentemente do observado na presente pesquisa (Figura 1), provavelmente pelo crescimento inicial mais lento da acácia comparado ao eucalipto.



Barras = erro padrão. ns Não significativo a 5% de probabilidade. Teste de médias aplicado entre os valores na ILPF e, quando seguidas por letras distintas, diferem entre si, a 5% de probabilidade.

FIGURA 1 Altura das árvores de eucalipto e *Acacia Mangium* Willd. quando consorciadas ou não, em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e em monocultivo.

FIGURE 1 Height of eucalyptus and *Acacia mangium* Willd. trees when associated or not, in integrated crop-livestock-forest and monoculture.



Barras = erro padrão. ns Não significativo a 5% de probabilidade.

FIGURA 2 Diâmetro a 1,30 metros do solo (DAP) das árvores de eucalipto, quando consorciadas ou não com *Acacia Mangium* Willd., em sistemas ILPF e em monocultivo de eucalipto.

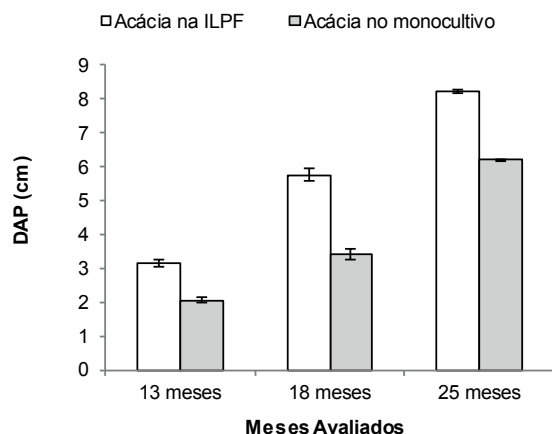
FIGURE 2 Trunk diameter at breast height (DBH) of eucalyptus trees, when associated or not with *Acacia mangium* Willd. in integrated crop-livestock-forest systems and monoculture eucalyptus.

TABELA 2 Produtividade média por hectare (m^3), incremento médio anual (IMA) ($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) e produtividade dos sistemas por hectare de madeira de eucalipto e *Acacia mangium* Willd. quando consorciadas ou não em sistemas de ILPF, com espaçamento de 10×2 e em monocultura, com espaçamento de 3×2 , com 25 meses de idade

TABLE 2 Productivity per hectare (m^3), mean annual increment (MAI) ($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$) and system productivity per hectare of eucalyptus and *Acacia mangium* Willd., when associated or not in integrated crop-livestock-forest systems, with spacing of 10×2 and monoculture with a spacing of 3×2 , 25 months of age.

Espécies	Volume ^{ns} (m^3)	Volume ^{ns} ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	IMAns ($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$)
Eucalipto (E+A)1 (250 E + 250 A)	0,0386	20,12	9,66
Eucalipto (E) (500 E)	0,0378	19,78	9,49
Acácia ILPF (250 A)	0,0194	10,27	4,93
Eucalipto monocultivo (1.666 E)	0,0161	27,29	13,10
Acácia monocultivo (1.666 A)	0,0102	17,05	8,18
Sistema ILPF (E+A)	0,0580	29,82	14,31

Em sistemas consorciados, as condições de crescimento podem ser influenciadas por maior umidade e fertilidade do solo, além da criação de extratos vegetativos (CAMPANHA et al., 2011), o que pode ter acontecido no presente estudo, em que essas condições



Barras = erro padrão.

FIGURA 3 Diâmetro a 1,30 metros do solo (DAP) das árvores de *Acacia mangium* Willd. quando consorciadas com eucalipto em sistemas ILPF e em monocultivo.

FIGURE 3 Trunk diameter at breast height (DBH) of *Acacia mangium* Willd. trees when associated with eucalyptus in integrated crop-livestock-forest systems and monoculture.

favoráveis ao eucalipto, o beneficiou e sobrepôs à altura da acácia até os 25 meses de idade.

Oliveira et al. (2009), em ensaio conduzido no noroeste de Minas Gerais, testaram diversos espaçamentos de um híbrido de *E. camaldulensis* e *E. urophylla* e verificaram que, em menores espaçamentos, o DAP é menor até os 18 e 27 meses de idade. O crescimento diamétrico está relacionado ao aumento nos espaçamentos de plantio, como ocorre na ILPF. Assim, espaçamentos maiores, favorecem o crescimento secundário das árvores, fato importante para a obtenção de fustes de maior diâmetro, com possibilidades de usos mais nobres e de maior valor agregado, como produção de madeira para móveis e serraria (MAGALHÃES et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2009). Bem como o encontrado no presente trabalho, as árvores em consorciação com sorgo e forrageiras (Figura 2), obtiveram valores inferiores no monocultivo exclusivo em relação ao consórcio na ILPF (Figura 3).

Os valores de DAP do presente ensaio (Figura 2) são superiores ao obtidos por Souza et al. (2004), no estudo de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* cultivados no Amazonas em espaçamento de 3 x 2 m. A maioria das espécies florestais de rápido crescimento possui respostas crescentes em crescimento diamétrico e, geralmente, está relacionada ao aumento nos espaçamentos de plantio (MAGALHÃES et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2009), como observado na presente pesquisa (Figura 2 e 3), onde os valores de DAP no consórcio são maiores que no monocultivo exclusivo.

Oliveira et al. (2009), ao compararem diversos tipos de espaçamentos de um híbrido de eucalipto, verificaram que o volume é definido em função dos arranjos. Esses autores encontraram volumes superiores por hectare e menores por árvore em arranjos mais adensados, como na presente pesquisa (Tabela 2), que, em cultivos mais adensados, o volume por hectare foi maior aos 25 meses de idade do povoamento. Em plantios mais adensados, ocorre uma maior produção por unidade de área (OLIVEIRA et al., 2009), porém, a pequena diferença entre os valores de volume de madeira por árvore de eucalipto consorciado com acácia na ILPF em relação ao eucalipto sozinho na linha de plantio ($0,0386 \text{ m}^3 \cdot \text{árvore}^{-1}$ e $0,0378 \text{ m}^3 \cdot \text{árvore}^{-1}$, respectivamente), possivelmente se deve à baixa competição intraespecífica e interespecífica com as forrageiras e o sorgo pelos fatores de produção disponíveis no local.

Os valores de volumes por hectare do presente estudo são próximos aos encontrados por Macedo et al. (2006), que tiveram médias de volume por hectare de $23,11 \text{ m}^3$ para os quatro clones avaliados, aos 28 meses de idade de clones de *E. urophylla* e *E. camaldulensis*, plantados no espaçamento de 10 x 4 m em Paracatu-MG. Já, para o espaçamento de 3 x 2 m, Souza et al. (2004), em estudo de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, cultivados no Amazonas, reportaram IMA (incremento médio anual) máximo de $34,01 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, com 48 meses de idade.

Nos arranjos estudados com ILPF, a densidade de árvores é 30% da utilizada nos monocultivos de acácia e eucalipto, porém é provável que, com o crescimento das árvores, maior IMA seja observado na ILPF, uma vez que a competição intraespecífica é menor nesses sistemas. Desse modo, a produtividade total por hectare do sistema consorciado com eucalipto e acácia é maior, pois, em uma única área, tem-se a soma das produtividades das duas espécies arbóreas, sendo superior à observada no sistema de cultivo exclusivo de eucalipto nas linhas da ILPF ($29,82 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) (Tabela 2).

O uso dos plantios mistos aumenta a capacidade produtiva da área degradada, além da possibilidade de utilização da rebrota do eucalipto em futuros cortes. Além das vantagens econômicas diretas, tem-se que a utilização de espécies arbóreas fixadoras de N consorciadas à outra espécie arbórea e a forrageiras. Desse modo, a perspectiva do uso de leguminosas arbóreas é contribuir para a melhoria da produção do sistema e com a redução dos custos de fertilizantes químicos, quando em comparação com os monocultivos, submetidos à adubação com nitrogênio mineral.

CONCLUSÕES

A altura do eucalipto é influenciada pelo consórcio com acácia nos arranjos estudados na integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), o que não acontece com o diâmetro altura do peito.

O arranjo das espécies de eucalipto e acácia, consorciados na mesma linha de plantio, possui produtividade de madeira igual ao arranjo, utilizando apenas com eucalipto nas linhas de plantio e a produtividade de madeira de eucalipto no arranjo com presença da acácia, na mesma linha da ILPF é menor do que em cultivo sozinho de eucalipto na linha.

A madeira produzida pelas duas espécies no arranjo de eucalipto mais acácia na linha de árvores da ILPF é superior ao cultivo apenas de eucalipto na linha de plantio, considerando o mesmo número de árvores.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V. C. L.; LEITE, H. G. Uso da geometria analítica para descrever o taper e quantificar o volume de árvores individuais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 481-486, 2001.
- CAMPANHA, M. M.; ARAÚJO, F. S.; MENEZES, M. O. T.; SILVA, V. M. A.; MEDEIROS, H. R. Estrutura da comunidade vegetal arbóreo-arbustiva de um Sistema Agrossilvipastoril, em Sobral, CE. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 94-101, 2011.
- CHAPMAN, H. H.; MEYER, W. H. **Forest mensuration**. New York: McGraw-Hill Book, 1949.
- COELHO, S. R. F.; GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M.; MOREIRA, R. M.; SILVA, E. V.; LACLAU, J. P. Crescimento, nutrição e fixação biológica de nitrogênio em plantios mistos de eucalipto e leguminosas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 759-768, jun. 2007.
- GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C. Caracterização tecnológica da madeira de *Acacia mangium* Willd em plantio consorciado com eucalipto. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 286-295, 2012.
- KLEINPAUL, I. S.; SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; NAVROSKI, M. C. Plantio misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em sistema agroflorestal: I - Produção de biomassa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 621-627, 2010.
- LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; SILVA, E. V.; JOURDAN, C.; CUNHA, M. C. S.; MOREIRA, M. R.; SAINT-ANDRÉ, L.; MAQUÈRE, V.; NOUVELLON, Y.; RANGER, J. Mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil: I., growth dynamics and aboveground net primary production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 12, p. 3905-3917, 2008.
- LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Uso do método da altura relativa em inventário florestal de um povoamento de pinus. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 865-873, 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.
- MAGALHÃES, W. M.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIM, N.; HIGASHIKAWA, E. M.; YOSHITANI JÚNIOR, M. Desempenho silvicultural de espécies de *Eucalyptus* spp. em quatro espaçamentos de plantio na região noroeste de Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 12, n. 1, p. 1-7, 2005.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Mangium and other fastgrowing acacias for the humid tropics**. Washington: National Academy of Sciences, 1983. 65 p.
- OLIVEIRA, L. T.; FERREIRA, M. Z.; CARVALHO, L. M. T.; FERRAZ FILHO, A. C.; OLIVEIRA, T. C. A.; SILVEIRA, E. M. O.; ACERBI JÚNIOR, F. W. Determinação do volume de madeira em povoamento de eucalipto por escâner a laser aerotransportado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 9, p. 692-699, set. 2014.
- OLIVEIRA, M. L. R.; LEITE, H. G.; GARCIA, S. L. R.; CAMPOS, J. C. C.; SOARES, C. P. B.; SANTANA, R. C. Estimação do volume de árvores de clones de eucalipto pelo método da similaridade de perfis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 133-141, 2009.
- OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIM, N.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 1-9, 2009.
- PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. 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**, Brasília, v. 42, p. 573-579, 2007.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, 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.
- SOUZA, C. R.; ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. B. Comportamento de *Acacia mangium* e de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em plantios experimentais na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 95-101, 2004.