

Resumo: Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de seis espaçamentos de plantio no crescimento inicial de um povoamento do clone 1277 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*) implantado em Jataí-GO. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com seis espaçamentos de plantio (3,0 m x 0,5 m; 3,0 m x 1,0 m; 3,0 m x 1,5 m; 3,0 m x 2,0 m; 3,0 m x 2,5 m e 3,0 m x 3,0 m) distribuídos em parcelas de área variável (15 m², 30 m², 45 m², 60 m², 75 m² e 90 m², respectivamente) e três repetições. O desenvolvimento inicial do povoamento foi avaliado pelas variáveis diâmetro a 1,30 m do solo (dap), altura total e volume as quais foram mensuradas semestralmente do 6o ao 24o mês. Também calculou-se o incremento volumétrico médio e corrente. Verificou-se que o dap e a altura apresentaram maiores valores nos maiores espaçamentos enquanto que o volume por hectare apresentou maior produção volumétrica nos menores espaçamentos. Em relação aos incrementos volumétricos, verificou-se que o incremento corrente atingiu valor máximo para todos os tratamentos. Já o incremento médio decresceu com o aumento do espaçamento e não apresentou valores máximos no período avaliado.

PALAVRAS-CHAVE: Densidades de plantio, Variáveis dendrométricas, Crescimento e produção.

Abstract: This study aimed to evaluate the effect of six planting densities in the initial growth of clone 1277 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*) in Jataí-GO, Brazil. The experiment followed a randomized block design, with six planting spacings (3.0 m x 0.5 m; 3.0 m x 1.0 m; 3.0 m x 1.5 m; 3.0 m x 2.0 m; 3.0 m x 2.5 m 3.0 x 3.0 m) distributed variable area plots (15 m², 30 m², 45 m², 60 m², 75 m² and 90 m², respectively) and three replicates. The initial development was evaluated by parameters diameter at 1,30m above ground level (dbh), total height and volume which were measured every six months from the 6th to 24th month. The average and current volume increment were calculated. The dbh and height showed the largest values in greater spacing while the volume per hectare showed the largest values in smaller spacings. Regarding the volumetric increments, it was found that the increment reached the maximum value for all treatments. The average increment decreased with the increase spacing and did not present during the study period.

KEY WORDS: Planting densities, dendrometric variables, growth and yield.

¹Engenheiro Florestal, Nestlé Brasil. Ituiutaba-MG. E-mail: wederj@hotmail.com

²Engenheiro Florestal, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestal – Universidade de Brasília. Brasília-DF. E-mail: renanmatias@hotmail.com

³Professora do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, Jataí-GO. E-mail: thelmasoares@ufg.br

Recebido 11/07/2016 – Aprovado 01/11/2016

INTRODUÇÃO

A definição do espaçamento ideal de plantio é uma decisão silvicultural que influencia a taxa de crescimento, qualidade da madeira, idade de corte (KEARNEY et al., 2007; MAGALHÃES et al., 2007) além de intervir na qualidade da madeira produzida, na idade de corte, desbastes, prática de manejo e consequentemente nos custos de produção (SILVEIRA et al., 2014).

A escolha do espaçamento para implantação de um plantio de eucalipto tem como objetivo inicial proporcionar para cada árvore o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com melhor qualidade e menor custo, levando em consideração a função do produto final desejado (SILVA et al., 2010; LIMA et al., 2013).

O espaçamento praticado no plantio é um dos principais fatores que afetam a formação das florestas, pois apresenta implicações do ponto de vista silvicultural, tecnológico e econômico, interferindo nas taxas de crescimento das plantas, na idade de corte, na qualidade da madeira, bem como nas práticas silviculturais empregadas e, consequentemente, nos custos de produção (ELOY et al., 2010).

O conhecimento da dinâmica de crescimento e das interações entre os indivíduos em um povoamento florestal é fundamental para a implementação de práticas que propiciem o aumento da produtividade. Assim, depreende-se a importância da realização de estudos sobre o desenvolvimento das espécies florestais em espaçamentos variados, visando a um melhor conhecimento da sua interação com o meio onde estão inseridas (LIMA et al., 2013).

De acordo com Cipriani et al. (2014), informações sobre o desempenho de eucaliptos são importantes para orientar os produtores sobre a escolha dos materiais de maior adaptação e sobre a expectativa de rendimento com a cultura, além de subsidiarem comparações com outras regiões e procedências.

Neste contexto, este estudo teve como objetivo analisar a dinâmica do crescimento inicial de um povoamento de eucalipto

implantado sob diferentes espaçamentos no município de Jataí – GO, visando oferecer subsídios para a condução dos mesmos em curta rotação para geração de energia.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Regional Jataí da Universidade Federal de Goiás, localizada nas coordenadas 17°56' S e 51°43' O. O clima da região é classificado como Cw (mesotérmico com estação seca e chuvosa), segundo classificação proposta por Köepen (1948). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distroférrico (EMBRAPA, 2006).

O experimento foi implantado utilizando mudas do clone 1277 (híbrido de *E. grandis* x *E. camaldulensis*). Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com seis espaçamentos de plantio (3,0 m x 0,5m, 3,0 m x 1,0 m; 3,0 m x 1,5 m; 3,0 m x 2,0 m; 3,0 m x 2,5 m e 3,0 m x 3,0 m) e três repetições, sendo 18 árvores em cada parcela.

Para o acompanhamento da dinâmica de crescimento do povoamento, todas as árvores de cada parcela foram mensuradas semestralmente do 6º ao 24º mês.

As variáveis mensuradas foram diâmetro a 1,30 m do solo (*dap*) e altura total da planta (*Ht*). Para o cálculo do volume por árvore foi empregada a expressão 1

$$V = \frac{dap^2 \times \pi}{40000} \times Ht \times f$$

Em que: V = volume da árvore (m³);

f = fator de forma

dap e *HT* = conforme definido anteriormente.

Foi utilizado um valor de fator de forma para cada espaçamento os quais foram obtidos para o povoamento em estudo por meio da razão entre o volume do cilindro e o volume real oriundo da cubagem rigorosa por Nunes et al. (2015) conforme apresentado na Tabela 1.

Posteriormente, os volumes individuais obtidos em cada espaçamento (m³) foram extrapolados por hectare (m³/ha).

Tabela 1. Valores médios de fator de forma para *Eucalyptus* sp. em função de diferentes espaçamentos

Espaçamento	Fator de forma
3,0 m x 0,5 m	0,56
3,0 m x 1,0 m	0,51
3,0 m x 1,5 m	0,50
3,0 m x 2,0 m	0,52
3,0 m x 2,5 m	0,49
3,0 m x 3,0 m	0,48

Fonte: Nunes et al. (2015)

Os dados obtidos para as variáveis *dap*, *Ht* e volume por hectare foram submetidos à análise de variância e, para os efeitos significativos de tratamentos, aplicaram-se às médias ao teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Adicionalmente, para acompanhar a dinâmica do crescimento do povoamento no período avaliado, foram calculados, conforme Scolforo (1998), o incremento mensal (IM) e o incremento corrente (IC).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de diâmetro são apresentados na Tabela 2, na qual se observa que os ocorreram diferenças significativas pela análise estatística nas medições efetuadas aos 6, 18 e 24 meses de idade.

Tabela 2. Valores médios de diâmetro (*dap*), por espaçamento, de *Eucalyptus* sp. durante o período de avaliação.

Espaçamento	<i>dap</i> (cm)			
	Idade 6 meses	Idade 12 meses	Idade 18 meses	Idade 24 meses
3,0 m x 0,5 m	1,97 a	4,58 a	7,24b	8,80c
3,0 m x 1,0 m	2,02 a	4,90 a	8,31 a	10,12 b
3,0 m x 1,5 m	1,76 a	4,79 a	8,64 a	10,56b
3,0 m x 2,0 m	1,46 b	4,39 a	8,68 a	11,14a
3,0 m x 2,5 m	1,56 b	4,48 a	8,99 a	11,90 a
3,0 m x 3,0 m	1,53 b	4,62 a	9,11 a	12,11a
CV (%)	11,89	8,56	9,96	4,80
Média	1,72	4,63	8,49	10,77

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Verifica-se apenas na primeira medição (6 meses) os menores espaçamentos (3,0 m x 0,5 m e 3,0 m x 1,0 m) apresentaram um maior crescimento em diâmetro e aos 12 meses não houve diferenças significativas do crescimento em diâmetro em relação aos espaçamentos. A partir do 18º mês, o espaçamento novamente apresentou distinções em relação ao crescimento diamétrico. O que, conforme Ferreira et al. (2014), é um indício de que está ocorrendo maior competição entre as plantas.

Nota-se que os maiores espaçamentos apresentaram os maiores valores de *dap*, demonstrando que plantios menos adensados apresentam maior média de diâmetro, revelando que aos 24 meses de idade já é possível constatar os efeitos dos espaçamentos sobre o crescimento em diâmetro. Entre esses efeitos destaca-se a maior área disponível, menor competição entre plantas e maior disponibilidade de luz para o crescimento da planta.

Resultados similares foram obtidos por Müller et al. (2005) com clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*, aos 24 meses, em que os autores observaram aumento de *dap* com o aumento da área útil por planta.

Reiner et al. (2011), estudando o desenvolvimento de eucalipto em diferentes espaçamentos (3,0 m x 3,0 m; 3,0 m x 2,0 m; 2,0 m x 2,0 m e 1,5 m x 1,5 m), verificaram que somente a partir dos 36 meses de idade o *dap* apresentou diferença significativa, sendo maior para os espaçamentos menos adensados e, conseqüentemente, proporcionando um maior volume por planta. Ainda segundo estes autores, o maior *dap* e maior volume por indivíduo não superou o volume por hectare nos espaçamentos mais adensados.

De acordo com Silveira et al. (2014), o maior volume de madeira observado nos menores espaçamentos se deve ao fato de que neste espaçamento existem mais plantas que, mesmo apresentando baixo volume individual de madeira em relação aos espaçamentos maiores, na soma final resultam em maior volume na área total.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 3, observa-se que as alturas apresentaram diferenças significativas apenas nas medições aos 6 e 12 meses.

Tabela 3. Valores médios de altura (HT), por espaçamento, de *Eucalyptus* sp. durante o período de avaliação.

Espaçamento	HT (m)			
	Idade 6 meses	Idade 12 meses	Idade 18 meses	Idade 24 meses
3,0 m x 0,5 m	3,37 a	6,58 a	9,71 a	12,77 a
3,0 m x 1,0 m	3,07 a	5,89 a	9,88 a	13,19a
3,0 m x 1,5 m	2,72 b	5,48 b	10,12 a	12,93 a
3,0 m x 2,0 m	2,39 b	4,98 b	9,63 a	12,73a
3,0 m x 2,5 m	2,49 b	4,96 b	9,73 a	13,33 a
3,0 m x 3,0 m	2,40 b	5,09 b	9,57 a	13,99a
CV (%)	8,40	7,19	4,46	7,52
Média	2,74	5,50	9,77	13,15

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Para a variável altura, verificou-se inicialmente um maior crescimento em altura nos espaçamentos mais adensados e a partir do 18º mês, maiores valores em altura nos espaçamentos mais amplos. Em espaçamentos adensados há uma maior competição entre plantas e uma menor disponibilidade de luz, o que, conseqüentemente, leva a um maior número de plantas dominadas.

Resultados similares foram obtidos por Nagar et al. (2015), avaliando *E. camaldulensis* em sete densidades de plantio em Tamil Nadu na Índia, em que nos espaçamentos mais adensados (3,0 m x 1,0 m e 3,0 m x 1,35 m) as árvores apresentaram alturas inferiores aos demais espaçamentos (3,0 m x 1,5 m, 3,0 m x 1,65 m, 3,0 m x 1,8 m, 3,0 m x 2,0 m e 3,0 m x 3,0 m).

De acordo com Oliveira Neto et al. (2010), o crescimento em altura é menos influenciado pelo espaçamento podendo variar de acordo com a qualidade do sítio e a idade de avaliação.

De modo geral, os resultados das pesquisas e plantios comerciais têm mostrado que o diâmetro é uma característica altamente responsiva aos espaçamentos, enquanto que os efeitos sobre a altura apresentam resultados

controversos. Ocorrem casos em que a altura média das plantas aumenta com o aumento dos espaçamentos, e outros em que o resultado é inverso (BOTELHO, 1998).

Em relação ao volume total por hectare (Tabela 4), o espaçamento mais adensado (3,0 m x 0,5 m) foi o que apresentou maior produção em todas as medições. Resultados similares foram encontrados por Garcia et al. (1991), Leles et al. (2001), Müller et al. (2005).

Tabela 4. Valores médios de volume (V), por espaçamento, de *Eucalyptus* sp. durante o período de avaliação.

Espaçamento	V (m³/ha)			
	Idade 6 meses	Idade 12 meses	Idade 18 meses	Idade 24 meses
3,0 m x 0,5 m	3,9 a	40,5 a	149,3a	290,3a
3,0 m x 1,0 m	1,8b	19,5b	92,5b	181,4b
3,0 m x 1,5 m	0,7c	11,3c	66,0c	126,0c
3,0 m x 2,0 m	0,4c	6,6c	49,7d	107,5c
3,0 m x 2,5 m	0,3c	5,3c	40,6d	97,7c
3,0 m x 3,0 m	0,2c	4,6c	33,4d	85,2c
CV (%)	45,0	21,3	13,4	13,7
Média	1,2	14,6	71,9	148,0

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Sereghetti et al. (2015), avaliando a biomassa inicial de clones de *E. urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos, também observaram maior produção volumétrica nos espaçamentos mais adensados. A mesma tendência foi encontrada Kirongo et al. (2012) ao avaliarem a influência do espaçamento de plantio em quatro clones de eucalipto sob curta rotação.

Na Figura 1 é apresentado o incremento volumétrico médio (IMv) e o incremento volumétrico corrente (ICv) para cada espaçamento avaliado.

Para todos os espaçamentos avaliados, verifica-se que o ICv e o IMv se igualam próximo aos 12 meses de idade. Aos 12 meses, o ICv e IMv apresentaram valores próximos para todos os espaçamentos avaliados notando-se a ocorrência de uma maior variação entre estas variáveis nos espaçamentos 3,0 m x 05 m e 3,0 m x 1,0 m.

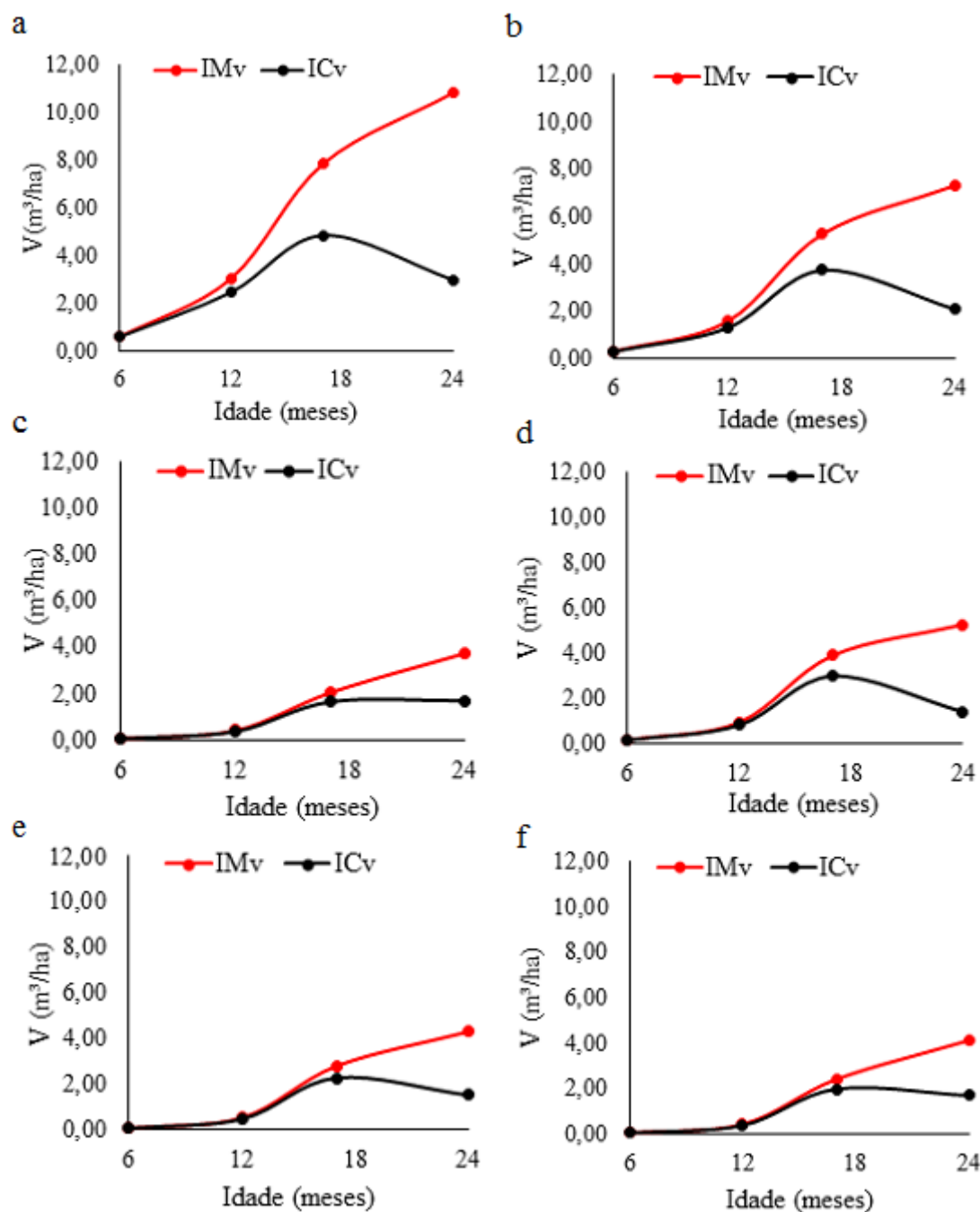


Figura 1: Incremento volumétrico médio (IMv) e incremento volumétrico corrente (ICv) para as idades de 6,12,18 e 24 meses. Em que: a) 3,0 m x 0,5 m, b) 3,0 m x 1,0 m, c) 3,0 m x 1,5 m, d) 3,0 m x 2,0 m, e) 3,0 m x 2,5 m, f) 3,0 m x 3,0 m.

Verifica-se que o ICv atingiu valor máximo para todos os tratamentos e o IMv ainda não apresentou valores máximos. Resultados similares foram obtidos por Vieira et al. (2014) analisando o incremento volumétrico para um híbrido de *E. camaldulensis* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos no sudoeste do estado de Goiás.

Os valores do incremento médio volumétrico decresceram com o aumento do espaçamento de plantio o que demonstra que o efeito do número de plantas por unidade de área foi determinante da maior produtividade em volume por hectare, confirmando as conclusões de Cassidy et al. (2013) e Forrester et al. (2013).

Segundo Botelho (1998), o máximo incremento corrente ocorre mais cedo em povoamento mais adensados, apresentando maiores valores na fase inicial e um decréscimo acentuado após o máximo incremento, demonstrando a ocorrência de competição precoce em espaçamentos menores.

CONCLUSÃO

Em relação à dinâmica do crescimento aos 6, 12, 18 e 24 meses, o dap e a altura apresentaram maiores valores nos maiores espaçamentos enquanto que o volume apresentou comportamento inverso, ou seja, maior produção volumétrica nos menores espaçamentos.

O incremento corrente em volume atingiu valor máximo para todos os tratamentos. Já o incremento médio volumétrico decresceu com o aumento do espaçamento não valores máximos no período avaliado.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à FAPEG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOTELHO, S. A. Espaçamento. In: SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA, 1998. p. 381-405.
- CASSIDY, M.; PALMER, G.; SMITH, R. G. B. The effect of wide initial spacing on wood properties in plantation grown *Eucalyptus pilularis*. **New Forests**, Purdue, v. 44, n. 6, p. 919-936, 2013.
- CIPRIANI, H. N.; VIEIRA, A. H. V.; MENDES, A. M.; MARCOLAN, A. L.; CAMELO, J. C.; BATISTA, E. R. N. Crescimento inicial de um eucalipto clonado sob diferentes adubações em Porto Velho, Rondônia. In: Reunião de Ciência do Solo da Amazônia Ocidental, II, 2014, Porto Velho. **Anais...** Porto Velho: Núcleo Regional Amazônia Ocidental da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2014. p. 192-197.
- ELOY, E.; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; TREVISAN, R.; BEHLING, A.; BAMBERG, R.; VIAN, A. L.; BUSANELLO, C. Espécies florestais em plantios de curta rotação para biomassa. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 21, p. 50-53, 2010.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2006. 306p.
- FERREIRA, D. H. A. A.; LELES, P. S. S.; MACHADO, E. C.; ABREU, A. H. M.; ABILIO, F. M. Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 431 - 440, 2014.
- FORRESTER, D. I.; WIEDEMANN, J. C.; FORRESTER, R. I.; BAKER, T. G. Effects of planting density and site quality on mean tree size and total stand growth of *Eucalyptus globulus* plantations. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 43, n. 9, p. 846-851, 2013.
- GARCIA, C. H.; CORRADINE, L., ALVARENGA, S. F. **Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos**. Piracicaba: IPEF, 1991. 8p. (Circular Técnica, 179)
- KEARNEY, D.; JAMES, R.; MONTAGU, K.; SMITH, R. G. B. The effect of initial planting density on branching characteristics of *Eucalyptus pilularis* and *E. grandis*. **Australian Forestry**, Canberra, v. 70, n.4, p. 262-268, 2007.
- KIRONGO, B. B.; MBELASE, A. S.; SENELWA, K.; HITIMANA, J.; ETIEGNI, L. Spacing and genotype on height and diameter growth of four eucalyptus under short rotation. **Jurnal Manajemen Hutan Tropika**, Bogor, v. 18, n. 1, p. 1-9, 2012.
- KÖEPEN, W. **Climatologia**. Buenos Aires: Gráfica Panamericana, 1948. 478p.
- LELES, P. S. S.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.

- LIMA, R.; INOUE, M. T.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARAÚJO, A. J.; MACHADO, S. A. Efeito do espaçamento no desenvolvimento volumétrico de *Pinus taeda* L. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 223-230, 2013.
- MAGALHÃES, W. M.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKWA, E. M.; YOSHITANI JUNIOR, M. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedências de *Eucalyptus* na Região Noroeste de Minas Gerais. **Revista Cerne**, Lavras, v. 13, n.04, p. 368-375, 2007.
- MÜLLER, M. D.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; BRITO, J. O. Avaliação de um clone de eucalipto estabelecido em diferentes densidades de plantio para produção de biomassa e energia. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 2, n. 3, p. 177-186, 2005.
- NAGAR, B.; RAWAT, S.; RATHIESH, P.; SEKAR, I. Impact of initial spacing on growth and yield of *Eucalyptus camaldulensis* in arid region of India. **World Applied Sciences Journal**, Dubai, v. 33, n. 8, p. 1362-1368, 2015
- NUNES, J. S.; GOUVEIA JUNIOR, W. V.; SOARES, T. S. Estimativas volumétricas para um povoamento adensado de *Eucalyptus* sp. em regime de curta rotação. In: MOSTRA DE PESQUISA DA REGIONAL JATAÍ, II, 2015, Jataí. **Anais...** Goiânia: PRPI/UFG, 2015. p. 1-2.
- OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G.; NEVES, J. C. L. Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de cerrado de Minas Gerais. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 755-762, 2010.
- REINER, D. A.; SILVEIRA, E. R.; SZABO, M. S. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na Região Sudoeste do Paraná. **Synergismus Scyentifica**, Pato Branco, v. 1, 2011.
- SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 438p.
- SEREGHETTI, G. C.; LANÇAS, K. P.; SARTORI, M. S.; REZENDE, M. A.; SOLER, R. R. Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 3, p. 257-262, 2015.
- SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; FERNANDES, H. C.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de *Pinus* sp. com harvester. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 745-753, 2010.
- SILVEIRA, E. R.; REINER, D. A.; SMANIOTTO, J. R. Efeito do espaçamento de plantio na produção de madeira e serapilheira de *Eucalyptus dunni* na região Sudoeste do Paraná. **Revista Técnico Científica**, Curitiba, n. 2, p. 1-9, 2014.
- VIEIRA, E. M.; CASTILHO, A. B.; CORRÊIA, R.S.; SOARES, T.S.; SANTOS, A.F. Análise de incremento volumétrico para um híbrido de eucalipto plantado em diferentes espaçamentos no sudoeste goiano. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2., 2014, Campinas. **Resumos expandidos...** Curitiba: Embrapa florestas, 2014. p. 47-49.