

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Eucalyptus sp.* SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE GIBERELINA

Camila Lariane Amaro¹, Stephany Diolino Cunha², Pedro Henrique França Grupioni², Paulo Vinicius de Sousa², Karolayne Lemes D'Abadia², Isabella Batista Barros², Fábio Santos Matos³

RESUMO:

O presente estudo teve como objetivo identificar o efeito de diferentes concentrações de giberelina, especificamente ácido giberélico (GA_3) no crescimento de clones de eucalipto urocam oriundos do cruzamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*. O trabalho foi realizado na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, Goiás. As mudas de eucalipto urocam (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) aos 100 dias de idade foram transferidas para vasos de cinco litros, contendo solo, areia e esterco, na proporção de 3:1:0,5, respectivamente. O experimento foi realizado em bancada a pleno sol, seguindo o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos (plantas de *E. urocam* com 150 dias de idade foram tratadas com 30 ml de GA_3 , nas concentrações de 0 mg L⁻¹; 25 mg L⁻¹; 50 mg L⁻¹; 100 mg L⁻¹; 150 mg L⁻¹; e 200 mg L⁻¹ em aplicação única via foliar com auxílio de borrifador manual) e seis repetições. Aos 30 dias após a imposição dos tratamentos as plantas foram analisadas. A aplicação de giberelina proporcionou ajuste morfofisiológico das plantas alocando mais fotoassimilados para o caule, porém isso, resultou em menor particionamento do carbono para os órgãos fontes (folhas) e, por isso, a redução do crescimento em biomassa sob baixas concentrações de GA_3 . No entanto, nas concentrações superiores a 100 mg L⁻¹ de GA_3 , as plantas apresentaram alocação de matéria seca para o caule e significativo incremento de biomassa total, sugerindo adequado investimento em órgãos fonte (folhas) e raízes para maior absorção de solução do solo para suportar o incremento no crescimento. A aplicação de ácido giberélico (GA_3) em plantas de *E. urocam* proporcionou vigoroso crescimento vegetativo possibilitando maior estabelecimento em campo com elevado potencial de acúmulo de biomassa de interesse econômico (caule).

PALAVRAS-CHAVE: florestas plantadas, reguladores de crescimento, silvicultura

ANALYSIS OF THE GROWTH OF *Eucalyptus sp.* SEEDLINGS SUBMITTED TO DIFFERENT DOSES OF GIBBERELLIN

ABSTRACT:

The present study aimed to identify the effect of different concentrations of gibberellin, specifically gibberellic acid (GA_3) on the growth of urocam eucalyptus clones from the crossing of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*. The work was carried out at the State University of Goiás, Ipameri Campus, Goiás, Brazil. Eucalypto urocam (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) seedlings at 100 days of age were transferred to five-liter pots containing soil, sand and manure, at a ratio of 3: 1: 0.5, respectively. The experiment was carried out in full sun, following the completely randomized design with six treatments (150-day-old *E. urocam* plants were treated with 30 mL of GA_3 at concentrations of 0 mg L⁻¹, 25 mg L⁻¹, 50 mg L⁻¹, 100 mg L⁻¹, 150 mg L⁻¹ and 200 mg L⁻¹ in single application via foliar with the aid of hand sprayer) and six replicates. The plants were analyzed at 30 days after the application of the treatments. The application of gibberellin provided a morphophysiological adjustment of the plants by allocating more photoassimilates to the stem, but this resulted in less partitioning of the carbon to the source organs (leaves) and, therefore, the reduction of biomass growth under low concentrations of GA_3 . However, at concentrations higher than 100 mg L⁻¹ of GA_3 , the plants presented dry matter allocation to the stem and a significant increase in total biomass, suggesting adequate investment in source organs (leaves) and roots for greater absorption of soil solution for growth. The application of gibberellic acid (GA_3) in *E. urocam* seedlings provided vigorous vegetative growth, allowing greater establishment in the field with high biomass accumulation potential of economic interest (stem).

KEYWORDS: planted forests, growth regulators, forestry

1 - Engenharia Florestal, Mestranda em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Ipameri, Rodovia GO-330, Km 241 Anel Viário. Cep: 75780-000. Ipameri (GO), Brasil. camila.lariane@gmail.com

2 - Graduandos em Engenharia Florestal, Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Ipameri, Rodovia GO-330, Km 241 Anel Viário. Cep: 75780-000. Ipameri (GO), Brasil. cunhaflorestal@outlook.com; phgrupioni@hotmail.com; paulov934@gmail.com; karolldab@gmail.com; isabellabatist74@gmail.com

3 - Engenheiro Agrônomo, Dr. Professor do Curso de Agronomia e Engenharia Florestal, Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Ipameri, Rodovia GO-330, Km 241 Anel Viário. Cep: 75780-000. Ipameri (GO), Brasil. fabio.agronomia@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se pela grande produtividade de florestas plantadas e ocupa a 4ª posição mundial entre os maiores produtores de celulose em função das condições edafoclimáticas propícias para adaptação e desenvolvimento de plantios florestais, que no ano de 2015 ocuparam cerca de 7,8 milhões de hectares, sendo 5,6 milhões ocupados com eucalipto, 1,6 milhões com pinus e 589,2 mil ha plantados com outras espécies florestais de importância econômica (Ibá, 2016).

Em 2015, a produção florestal contribuiu com 69,1 bilhões de reais, o que representa 1,2% do produto interno do Brasil. O setor florestal brasileiro agrupa empresas que atuam diretamente nos diversos setores da economia verde, no qual destaca-se o ramo de árvores plantadas com inúmeros benefícios, rendas e empregos diretos e indiretos (CNA, 2016). As espécies que mais atendem esse setor são dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que se destacam na produção madeireira, celulósica e de resinas (Vogelmann et al., 2015).

O Brasil apresenta alto potencial produtivo e competitivo para conduzir a produção de forma consistente e sustentável, porém há necessidade do desenvolvimento de pesquisas para geração de tecnologias que aumente essas atividades florestais, para atender outros segmentos da economia e o mercado externo (Schweitzer, 2016). A adoção de novas práticas de manejo é uma alternativa importante na implantação e condução de florestas plantadas, adequadas a determinadas espécies, garantindo assim, alta produtividade e lucratividade (Angelo et al., 2014).

A produção de mudas requer condições e práticas adequadas para a obtenção de plantas vigorosas no campo, assegurando crescimento satisfatório, diretamente relacionado ao modo de cultivo, manejo adequado e a disponibilização de tecnologias, como a utilização de reguladores de crescimento, permitindo maior sucesso no estabelecimento das culturas (Santos et al., 2014).

O uso de reguladores de crescimento em espécies florestais, especificamente eucalipto, ainda não é uma prática rotineira, pois ainda há pouco interesse da comunidade científica em realizar estudos que relatem os aspectos fisiológicos sobre a ação bioquímica e fisiológica de fitormônios que norteiam o crescimento destas espécies, visando reduzir tempo de corte e acelerar o acúmulo de biomassa. No entanto, outros autores observaram resultados positivos em técnicas de enraizamento de mudas de *Eucalyptus urograndis* com melhor arranque inicial e adaptação às con-

dições adversas do campo, em micropropagação de acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild), em técnicas de miniestaque em mudas de *Pinus taeda* e quanto ao teor de lignina e crescimento de plantas de *Eucalyptus grandis* (Oliveira et al., 2013; Piazza et al., 2013; Miranda, 2015; Pereira et al., 2016). Nesse contexto, Pereira et al. (2011) relata a necessidade de elucidar a interferência de reguladores vegetais na densidade da madeira, precocidade e rendimento de espécies florestais.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo identificar o efeito de diferentes concentrações de giberelina, especificamente ácido giberélico (GA₃) no crescimento de plantas de eucalipto urocam.

MATERIAL E MÉTODOS

Material Vegetal

O trabalho foi realizado na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri (Lat. 17° 43' 19" S, Long. 48° 09' 35" W, Alt. 773 m), Ipameri, Goiás. Essa região possui clima tropical com inverno seco e verão úmido (Aw), de acordo com a classificação de Köppen. Os clones comerciais de eucalipto urocam (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) foram inicialmente conduzidos em tubetes de 50 cm³, com substrato comercial a base de casca de coco. Após 100 dias, as plantas foram transferidas para vasos de cinco litros, contendo solo, areia e esterco, na proporção de 3:1:0,5, respectivamente. O experimento foi realizado em bancada a pleno sol, seguindo o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos (plantas de *E. urocam* com 150 dias de idade foram tratadas com 30 ml de ácido giberélico (GA₃), nas concentrações de 0 mg L⁻¹; 25 mg L⁻¹; 50 mg L⁻¹; 100 mg L⁻¹; 150 mg L⁻¹; e 200 mg L⁻¹ em aplicação única via foliar com auxílio de borrifador manual) e seis repetições. As mudas foram irrigadas diariamente com volume de água correspondente à evapotranspiração. O volume de água fornecido às plantas foi estimando seguindo recomendações de Allen et al. (2006). Aos 30 dias após a imposição dos tratamentos, as seguintes análises foram realizadas: número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, altura das plantas, número de ramos, comprimento de raiz, razões de massa foliar (RMF), caulinar (RMC) e radicular (RMR) e biomassa total.

O número de folhas, comprimento e diâmetro do caule foram mensurados entre 8 e 10 horas da manhã, utilizando régua graduada e paquímetro digital (®9Qs EDA). A análise destrutiva foi realizada separando folhas, raízes e caules que foram secos em estufa à 72° C até atingirem

massa seca constante, e em seguida pesados separados em balança digital ([®]Shimadzu). Com os dados de massa seca foram calculadas a razão de massa foliar (RMF), razão de massa caulinar (RMC), razão de massa da raiz (RMR) e a biomassa total. A área foliar foi obtida através da coleta das medidas de comprimento e largura das folhas seguindo recomendações de Caron et al. (2012).

Procedimentos Estatísticos

O experimento foi montado seguindo o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições. Os dados foram submetidos à análise de regressão e a análise multivariada foi realizada por meio da regressão múltipla utilizando a seleção do modelo *forward stepwise* (Sokal e Rolf, 1995) através do software SISVAR 5.3 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de giberelina promoveu alterações significativas na altura de planta, área foliar, biomassa total e

razão de massa radicular. Todas estas variáveis apresentaram comportamento quadrático em relação aos aumentos das concentrações de giberelina fornecidas às plantas (Figura 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Matos et al. (2015) em mudas de eucalipto tratadas com giberelina em que as variáveis altura de planta, diâmetro do caule e biomassa apresentaram comportamento quadrático para as doses aplicadas. As giberelinas desempenham papel importante nos processos relacionados ao crescimento e desenvolvimento das plantas, porém pouco se sabe a respeito do metabolismo deste fitormônio em plantas de eucalipto. As doses de giberelina interferiram no crescimento vegetativo de mudas de eucalipto, especialmente, no acúmulo de biomassa de interesse econômico para a espécie (caule), obtendo mudas mais vigorosas, possibilitando menor tempo de climatização e melhor estabelecimento em campo. Segundo Lopes et al. (2015) a análise fisiológica em plantas de eucalipto no estágio inicial possibilita identificar mudas promissoras com alto potencial produtivo e contribui na escolha de materiais predominantes.

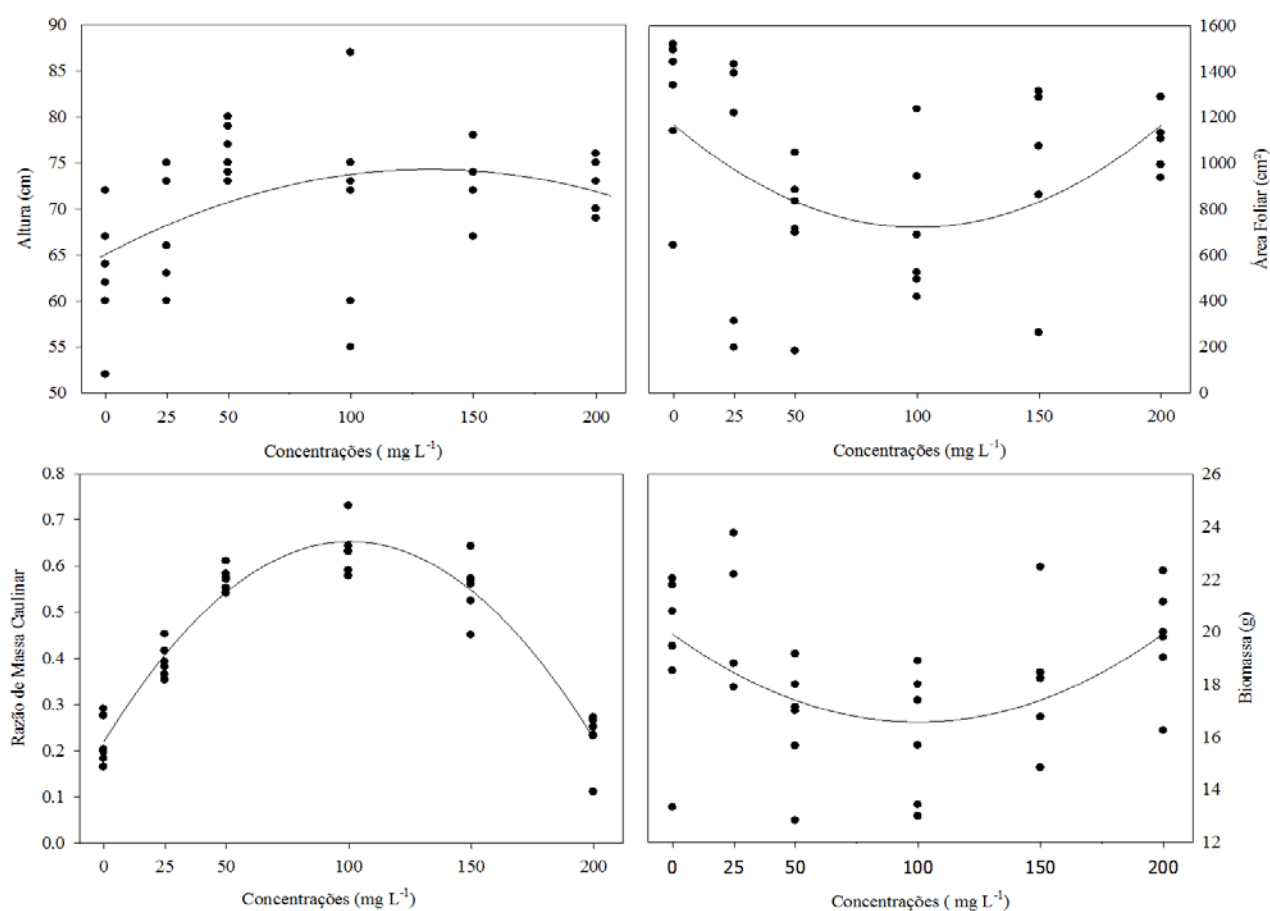


Figura 1. Equações de regressão para altura de planta ($y= 65,0966+0,1397x-0,0005x^2,0,70^*$), área foliar ($y=1168, 8634-8, 9387x+0,0446x^2, 0,76^*$), razão de massa caulinar ($y=0,2186 + 0,0086x - 4E-5x^2, 0,90^{**}$) e biomassa total ($y= 19, 9154-0,0669x+0,0003x^2, 0,68^*$) de plantas de eucalipto urocam tratadas com diferentes concentrações de giberelina.

Ipameri-GO, 2016.

Os gráficos referentes às variáveis altura, razão de massa caulinar, área foliar e biomassa total apresentaram ajuste quadrático significativo em relação às doses de ácido giberélico (GA_3) (Figura 1). O aumento da concentração de GA_3 até a dose de 100 mg L^{-1} proporcionou um aumento da altura das plantas, obtendo ponto máximo na dose de 140 mg L^{-1} , seguido por um leve decréscimo até a dose de 200 mg L^{-1} . O GA_3 quando em baixas concentrações tem a capacidade de ativar a produção das enzimas xiloglucana endotransglicosilase, que promove o afrouxamento da parede celular, e por consequência o crescimento do tecido; esse crescimento, contudo é inibido quando o GA_3 se encontra em concentrações mais elevadas (Taiz e Zeiger, 2013).

A razão de massa caulinar obteve um aumento acentuado até a dose de 100 mg L^{-1} , obtendo-se o ponto de máxima na dose de 107 mg L^{-1} , seguido por um acentuado decréscimo até a dose de 200 mg L^{-1} de GA_3 (Figura 1). Estudos demonstraram que os carboidratos produzidos pela fotossíntese modulam a biossíntese de GA_3 e é através desse mecanismo que é determinado a altura e diâmetro da planta, sugerindo que as giberelinas interferem na alocação de carbono que é fundamental para garantir um padrão de crescimento das espécies (Paparelli et al., 2013). A aplicação de giberelina em diferentes espécies de eucalipto demonstrou mudanças na distribuição de biomassa com maior alocação ao caule em detrimento do sistema radicular e principalmente das folhas (Lopes et al., 2015).

Os ajustes quadráticos para área foliar e biomassa total mostram que as diferentes concentrações de GA_3 aplicadas proporcionaram reduções iniciais seguidas de aumentos significativos (Figura 1). Os pontos de mínimo foram 100 mg L^{-1} e 112 mg L^{-1} para área foliar e biomassa, respectivamente. A aplicação de GA_3 em plantas de eucalipto urocam não provocou expansão foliar nas doses inferiores a 100 mg L^{-1} de GA_3 , pois grande parte dos assimilados foram destinados ao caule, e em adição, nota-se que inicialmente a alocação prevaleceu sobre a produção de biomassa. Nas concentrações superiores a 100 mg L^{-1} de GA_3 , ocorreram aumentos na área foliar total, pela alocação de fotoassimilados nas folhas, aumentando a demanda fotossintética e promovendo aumento da biomassa total. A área foliar é umas das variáveis mais representativas do crescimento das plantas, pois expressa a dimensão da resposta do tra-

tamento aplicado de forma mais objetiva (Taiz e Zeiger, 2013). A aplicação de GA_3 contribui para ampliação da área foliar com consequente acúmulo da biomassa de eucalipto (Lopes et al, 2015), porém nas doses medianas as plantas reduziram a fotossíntese líquida decorrente da diminuição da área foliar. Com a redução da área fotossintetizante ocorre naturalmente diminuição na captação de luz e CO_2 , ocorrendo redução na produção de fotoassimilados nas folhas (Almeida e Vieira, 2010).

O resultado para a análise de regressão múltipla de todas as variáveis sobre o acúmulo de biomassa total é mostrado na (Tabela 1). O modelo de regressão múltipla apresentado explica 82% da variação da biomassa total de plantas de *Eucalyptus urocam* no presente trabalho. A razão de massa radicular interferiu negativamente no acúmulo de biomassa total enquanto altura de planta, diâmetro do caule e área foliar apresentaram efeito significativo positivo sobre o acúmulo de biomassa de eucalipto. Scalon et al. (2009) relata a importância da utilização de fitormônios na altura e diâmetro do caule de mudas de gabirola (*Campomanesia adamantium* Camb). Segundo D'avila et al. (2011) um maior diâmetro do caule é desejável nas mudas durante a adaptação em campo. A produção de biomassa é um critério importante e fundamental no vigor de espécies florestais, além de uma variável de crescimento importante para inferência sobre a assimilação de carbono ao longo do tempo e está associada a outras variáveis com efeito direto na qualidade e produtividade da madeira (Miranda, 2015).

A aplicação de giberelina proporcionou ajuste morfofisiológico das plantas alocando mais fotoassimilados para o caule, porém isso, resultou em menor particionamento do carbono para os órgãos fontes (folhas) e por isso, a redução do crescimento em biomassa sob baixas concentrações de GA_3 . No entanto, nas concentrações superiores a 100 mg L^{-1} de GA_3 as plantas apresentaram alocação de matéria seca para o caule e significativo incremento de biomassa total, sugerindo adequado investimento em órgãos fonte (folhas) e raízes para maior absorção de solução do solo para suportar o incremento no crescimento. Portanto, o uso de reguladores vegetais, especialmente ácido giberélico é uma prática promissora de manejo de eucalipto, por promover incrementos significativos de biomassa sendo uma forma de aumentar o vigor das mudas e levá-las a campo com maior possibilidade de produtividade de madeira.

Tabela 1. Modelo de regressão múltipla para avaliar o efeito dos tratamentos na biomassa total das plantas de eucalipto urocam com diferentes concentrações de giberelina. Ipameri-GO, 2016.

Biomassa	Explicação do modelo	F		P		
	R ² = 0,82	F(5,30)=27,08		p<0.000		
	β	Erro padrão	B	Erro padrão	t(30)	p-valor
Parâmetros			23,25	7,77	2,99	0,00
RMF	-0,69	0,10	-64,02	9,95	-6,43	0,00*
DC	0,22	0,08	2,47	0,97	2,52	0,01*
ALT	0,31	0,09	0,31	0,09	3,22	0,00*
AF	0,25	0,10	0,00	0,00	2,56	0,01*
RMR	-0,10	0,08	0,08	11,80	-1,31	0,19

*significativo ao nível de 1% de probabilidade (P<0,01). RMF: Razão de massa foliar, DC: Diâmetro do caule, ALT: altura de planta, AF: Área foliar e RMR: Razão de massa radicular.

CONCLUSÃO

A aplicação de ácido giberélico (GA₃) em mudas de eucalipto urocam proporcionou vigoroso crescimento vegetativo possibilitando maior estabelecimento em campo com elevado potencial de acúmulo de biomassa do caule.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D. & Smith, M. (2006). **Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Rome: FAO, 298p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

Almeida, A.Q. & Vieira, E.L. (2010). Gibberellin action on growth, development and production of tobacco. **Scientia Agraria Paranaensis** 9(1): 45-57.

Angelo, H.; Silva, P.C.; Almeida, A.N. & Pompermayer, R. S. (2014). Análise estratégica do manejo florestal na Amazônia brasileira. **Floresta** 44(3): 341 - 348.

Caron, B.O.; Souza, V.Q.; Trevisan, R.; Behling, A.; Schmidt, D.; Bamberg, R. & Eloy, E. (2012). Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de mudas de eucalipto. **Revista Árvore** 36(5): 833 - 842.

Confederação da agricultura e pecuária do Brasil (CNA). (2016). **Brasil é um dos maiores produtores de florestas plantadas do mundo**. Disponível em: <http://www.cnabrazil.org.br/noticias/o-brasil-e-um-dos-maiores-produtores-deflorestas-lantadas-do-mundo>. Acesso em: 25 out. 2016.

D'avila, F.S.; Paiva, H.N.; Leite, H.G.; Barros, N.F. &

Leite, F.P. (2011). Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore** 35(1): 13-19.

Ferreira, D.F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** 35 (6): 1039-1042.

Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ). (2016). Indicadores de desempenho nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2015. Relatório 2016. Disponível em: <http://iba.org/pt/>. Acesso em: 07 mar.2017.

Lopes, V.A.; Souza, B.R.; Moura, D.R., Silva, D.Z; Silveira, P.S. & Matos, F.S. (2015). Initial growth of eucalyptus plants treated with gibberellin. **African Journal of Agricultural Research** 10(11): 1251-1255.

Matos, F.S.; Silva, D.Z.; Souza, B.R.; Moura, D.R.; Lopes, V.A.; Carvalho, D.D.C. & Araujo, M.S. (2015). Análise de crescimento, incidência de *Rhizoctonia sp.* e efeito *antixenose* para a formiga-cortadeira *Atta sexdens rubropilosa* F. Em clones de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* tratados com giberelina. **Revista Árvore** 39 (5): 915-922.

Miranda, L. (2015). **Efeito de fitorreguladores e rizobactérias promotoras de crescimento na produção de mudas clonais de *Pinus taeda***. Irati: Universidade Estadual do Centro Oeste. 44p. Dissertação de Mestrado.

Oliveira, M.W.M.; Carielo, P. & Moreira, A.L. (2013). Avaliação do efeito de estimulantes radiculares em mudas de *Eucalyptus urograndis*. **Fórum Ambiental de Alta Paulista** 9(1): 141-149.

Paparelli, E.; Parlanti, S.; Gonzali, S.; Novi, G.; Mariotti, L.; Ceccarelli, N.; Van Dongen, J.T.; Kölling, K.; Zeeman,

- S.C. & Perata, P. (2013). Nighttime Sugar Starvation Orchestrates Gibberellin Biosynthesis and Plant Growth in Arabidopsis. **Plant Cell** 25 (10): 3760-3769.
- Pereira, R.P.W.; Abreu, H.S.; Monteiro, M.B.O. & Souza, N.D. (2011). Variação ligno-anatômica em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) tratadas com reguladores de crescimento. **Cerne**. 17(3): 369-375.
- Pereira, R.P.W.; Monteiro, M.B.O. & Abreu, H.S. (2016). Lignificação e crescimento de *Eucalyptus grandis* (Hill Ex Maiden) com GA₃ e BAP. **Ciência Florestal** 26 (2): 639-646.
- Piazza, E.M.; Jung, A.P.; Felker, R.M. & Dorr, A.C. (2013). Multiplicação de explantes no cultivo in vitro de *Acacia Mearnsii* de Wild. **Revista Eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental** 11(11): 2321-2326.
- Santos, V.M.; Melo, A.V.; Cardoso, D.P.; Silva, A.R.; Benício, L.P.F. & Ferreira, E.A. (2014). Desenvolvimento de plantas de soja em função de bioestimulante sem condições de adubação fosfatada. **Bioscience Journal** 30(4): 1087-1094.
- Scalon, S.P.Q.; Lima, A.A.; Filho, H.S. & Vieira, M.C. (2009). Germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Campomanesia adamantium* Camb.: Efeito da lavagem, temperatura e de bioestimulantes. **Revista Brasileira de Sementes** 31(2): 96-103.
- Schweitzer, V.R. (2016). **Origem do “lenho anormal de compressão” e efeitos sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* da região serrana de Santa Catarina**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 92p. Dissertação de Mestrado.
- Sokal, R.R. & Rolf, F.J. (1995). **Biometry: The principles and practice of statistics in biological research**. 3ªed. New York: W. H. Freeman. 887p.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2013). **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed.820p.
- Vogelmann, E.S.; Prevedello, J. & Reichert, J.M. (2015). Origem dos compostos hidrofóbicos e seus efeitos em florestas de *Pinus* e *Eucalyptus*. **Ciências Florestal** 25(4): 1067-1079.