

Crescimento de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes fontes e doses de fertilizantes

Seedling growth of Cordia trichotoma subjected to different sources and doses of fertilizers

Fernanda Leite Cunha*¹ (0000-0001-7707-0910), Juscelina Arcanjo dos Santos² (0000-0003-4731-2610), Paloma Carvalho Diniz¹ (0000-0002-8239-7747), Lucas Amaral de Melo¹ (0000-0001-5219-9179), Nelson Venturin¹ (0000-0001-8397-8984)

¹Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil. *Autor para correspondência: fernandaleitecunha@gmail.com

²Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil

Submissão: 07/08/2022 | Aceite: 05/10/2022

RESUMO

Cordia trichotoma é uma espécie de grande interesse econômico, contudo as informações de suas necessidades nutricionais ainda são incipientes. Dessa forma, objetivou-se avaliar a eficiência e doses adequadas de fontes de fertilizantes para produção de mudas de *Cordia trichotoma*. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em fatorial 3x5, com três fontes de fertilizantes, sendo dois adubos de liberação lenta e uma fonte prontamente solúvel (MAP, combinado com KCl), nas doses de 0, 50, 100, 150 e 200%, em relação a dose recomendada. Aos 270 dias, realizou-se a mensuração das variáveis altura, diâmetro de coleto, massa seca e Índice de Qualidade de Dickson. Para cada variável, foi realizado o cálculo da dose máxima de eficiência técnica (DMET). O uso de MAP e KCl proporcionou crescimento superior das mudas em relação às fontes de ALL, para todas as variáveis avaliadas. As médias de DMET encontradas para o ALL1, ALL2 e MAP e KCl foram de 195%, 190% e 120%, respectivamente. Assim, recomenda-se o uso de MAP e KCl, na dose de 120%, ou seja, 0,08 g L⁻¹ de KCl e 0,12 g L⁻¹ de MAP para fertilização de mudas de *Cordia trichotoma*.

PALAVRAS-CHAVE: silvicultura; nutrição; produção de mudas.

ABSTRACT

Cordia trichotoma is a species of great economic interest, however information on its nutritional requirement is still incipient. Thus, the objective was to evaluate the efficiency and adequate doses of different sources of fertilizers, for the production of *Cordia trichotoma* seedlings. The experiment was conducted in a completely randomized design (DIC), in a 3 x 5 factorial, with three different sources of fertilizers, two slow-release fertilizers (ALL1 and ALL2) and the use of readily soluble sources (MAP and KCl). The second factor represents the tested doses 0, 50, 100, 150 and 200%, in relation to a dose considered standard. The doses of the slow-release fertilizer were based on the standard dose of 0.44 g seedlings⁻¹, while the readily soluble fertilizer doses were of a fixed dose of 0.08 g seedlings⁻¹ of KCl, and increasing doses of MAP, based on the standard dose of 0.1 g changes⁻¹. At 270 days after sowing, the variables height, collecting diameter, dry mass and Dickson's Quality Index were measured. For each variable, the maximum technical efficiency dose (DMET) was calculated. The use of MAP and KCl provided superior growth of seedlings in relation to ALL sources, for all variables evaluated. The DMET found for ALL1, ALL2 and MAP and KCl were 200%, 200% and 120%, respectively. Thus, it is recommended to use MAP and KCl, at a dose of 120%, that is, 0.08 g L⁻¹ of KCl and 0.12 g L⁻¹ of MAP for fertilization of *Cordia trichotoma* seedlings.

KEYWORDS: silviculture; nutrition; seedling production.

INTRODUÇÃO

Cordia trichotoma (Vell.) Arrab. ex Steud. apresenta ocorrência natural na América do Sul (Brasil, Argentina, Paraguai, Uruguai e Bolívia), sendo considerada uma espécie com madeira nobre, de importância ambiental e com potencialidade econômica (SALVADORI et al. 2013, SANTOS et al. 2017). O que promove o aumento da demanda por produção de mudas nativas com qualidade para garantir o sucesso do estabelecimento de povoamentos florestais (ROSSA et al. 2015).

Dentro do processo de produção de mudas, um dos aspectos extremamente importantes, que está diretamente relacionado à qualidade das mesmas, é o manejo de adubação, que para espécies nativas é pouco conhecido (ROSSA et al. 2013). Existe grande dificuldade de se fazerem recomendações de fertilização específicas para cada espécie, em virtude da grande diversidade encontradas em regiões tropicais (DAVIDE et al. 2015). Dessa forma, o aspecto nutricional na produção de mudas deve ser considerado criteriosamente para que as mudas não venham a ter seu crescimento prejudicado pela falta ou desbalanço de nutrientes (CUNHA et al. 2021).

Segundo DAVIDE et al. (2015), a eficiência da adubação depende, principalmente, das doses aplicadas e das fontes do fertilizante utilizado, além das características do substrato usado na produção das mudas. No mercado, encontra-se diversas fontes de fertilizantes, como os adubos solúveis, os quais podem ser aplicados na formulação do substrato, mas, principalmente, aplicados via adubação de cobertura, a fim de promover maior crescimento das mudas. Para isso, recomenda-se, como ideal, que este tipo de adubação ocorra de forma parcelada, para elevar a qualidade da formação das mudas, principalmente em relação à aplicação do nitrogênio, que quando aplicado em doses elevadas, é perdido por volatilização da amônia, além de poder causar toxicidade às plantas (YAMAMOTO et al. 2016). No entanto, segundo os mesmos autores, esta prática apresenta aumento significativo nos custos operacionais da produção.

Outra fonte de adubo usada na produção de mudas são os adubos de liberação lenta (ALL), os quais são capazes de liberar os nutrientes para a planta ao longo de um determinado período, visando sincronizar a liberação com a sua demanda pelos nutrientes e assim reduzir as perdas para o ambiente, principalmente por lixiviação (CUNHA et al. 2021). Devido às vantagens do uso de ALL, são encontradas pesquisas com o seu uso na fase de produção de mudas (ROSSA et al. 2013 e 2015, BERGHETTI et al. 2016, CUNHA et al. 2021).

Entretanto, existem limitações importantes para o seu cultivo, como a escassez de informações quanto a correta adubação na fase de produção de mudas com qualidade. Diante deste contexto, objetivou-se avaliar fontes e doses de fertilizantes para a produção de mudas de *Cordia trichotoma*. Como primeira hipótese, espera-se que as diferentes fontes de ALL estudadas apresentem formação de mudas com padrão de qualidade similar e superiores a aplicação de adubos de liberação imediata, em cobertura. A segunda hipótese, espera-se que a espécie exija doses fertilizante superiores ao padrão para produção de mudas, de 4 kg L⁻¹, (DAVIDE et al. 2015), devido sua maior exigência nutricional (ANTONELLI et al. 2015, BERGHETTI et al. 2016, CUNHA et al. 2020).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido em um viveiro florestal na região sul de Minas Gerais (21°13'14,033" S, 44°58'0,232" O). Segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Cwb de aspecto tropical de altitude, verões suaves, mesotérmico úmido (ALVARES et al. 2013). O período de produção das mudas de *Cordia trichotoma* foi de fevereiro a novembro de 2019, em que se observou temperatura média de 28,31 °C, precipitação mínima mensal de 8,6 mm e máxima mensal de 190,2 mm.

As sementes utilizadas para a produção das mudas foram coletadas no município de Lavras, Minas Gerais. As sementes foram semeadas em tubetes com capacidade volumétrica de 110 cm³. As mudas permaneceram por um período de 230 dias na casa de sombra (50% de sombreamento), com irrigação por microaspersão três vezes ao dia com cinco minutos de duração cada e vazão de 140 L h⁻¹. Posteriormente, as mudas foram transferidas para um ambiente a pleno sol para a rustificação, até aos 270 dias, com quatro irrigações de cinco minutos e vazão de 95 L h⁻¹.

O substrato utilizado para a produção das mudas foi constituído de 50% de substrato comercial Maxfértil (composto por casca de *Pinus*, cinzas, vermiculita, serragem e bioestabilizantes), 25% de casca de arroz carbonizada e 25% de fibra de coco. Para homogeneização do substrato com os ALL, utilizou uma betoneira durante cinco minutos.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em um esquema fatorial 3 x 5 (três tipos de adubação e cinco doses), com quatro repetições de 20 mudas. Dos três tipos de adubação, duas foram realizadas com adubos de liberação lenta e a terceira uma combinação de dois adubos solúveis (MAP – fosfato monoamônico e KCl – cloreto de potássio). Na Tabela 1 são apresentados os tratamentos utilizados para a produção de mudas de *Cordia trichotoma*.

Os adubos de liberação lenta utilizados foram aplicados na adubação de base do substrato. O ALL1, caracteriza-se por ser encapsulado com enxofre elementar e revestido por polímeros orgânicos não hidrossolúveis. Este adubo apresenta liberação dos nutrientes de quatro a seis meses e possui a formulação de 10% de N, 15% de P₂O₅, 20% de K₂O, 8,64% de S, 0,39% de B, 0,39% de Cu e 0,39% de

Zn. O ALL2, caracteriza-se por ser revestido por um polímero orgânico, composto por resina alquídica e tem sido comumente utilizado na produção de mudas florestais (DAMIAN et al. 2016). Para este adubo, o tempo de liberação dos nutrientes corresponde entre quatro a seis meses e possui formulação de 15% de N, 9% de P₂O₅, 12% de K₂O, 1,3% Mg, 5,9% de S, 0,46% Fe, 0,05% de Cu e 0,05% de Mn e 0,02% de Mo. As doses testadas para os ALL foram de 0, 50, 100, 150 e 200%, em relação a uma dose considerada padrão de 0,44 g muda⁻¹, conforme DAVIDE et al. (2015).

Tabela 1. Fontes e doses de fertilizantes utilizadas para produção de mudas de *Cordia trichotoma*.

Table 1. Source and doses of fertilizers used to produce *Cordia trichotoma* seedlings.

Fonte de adubação	Tratamento (%)	Dosagem (g L ⁻¹)
ALL1 ¹ aplicado no momento do preparo do substrato	0%	0
	50%	2
	100%	4
	150%	6
	200%	8
ALL2 ² aplicado no momento do preparo do substrato	0%	0
	50%	2
	100%	4
	150%	6
	200%	8
MAP ³ (fosfato monoamônico) em cobertura + 0,08 g/L ⁻¹ de KCl	0%	0
	50%	0,05
	100%	0,10
	150%	0,15
	200%	0,20

Em que: ¹ALL1: adubo de liberação lenta encapsulado com enxofre elementar e revestido por polímeros orgânicos não hidrossolúveis, com dose de referência (100%) igual 4 g L⁻¹; ²ALL2: adubo de liberação lenta revestido por polímero orgânico composto por resina alquídica; com dose de referência (100%) igual 4 g L⁻¹; MAP: fosfato monoamônico, com dose de referência (100%) igual 0,1 g L⁻¹.

A fertilização com os adubos solúveis foi realizada via combinação de MAP (12% de N, 54% de P₂O₅) e KCl (60% de K₂O), em adubação de cobertura. Para cada aplicação, foi utilizado uma dose fixa de 0,08 g de KCl, e doses de 0, 50, 100, 150 e 200%, em relação a uma dose considerada padrão para espécies florestais de 0,1 g L⁻¹ de MAP, as dosagens utilizadas foram adaptadas de DAVIDE et al. (2015) e JOSÉ et al. (2009). Os fertilizantes foram diluídos em 1 L de solução, e foram aplicados por meio de uma solução com auxílio de uma seringa, sendo aplicados 5 ml de solução, a cada 15 dias, a partir dos 30 dias após a germinação.

Após 120 dias da semeadura, foram mensurados a altura (H) e o diâmetro de coleto (DC) das 12 mudas centrais em cada parcela. Estas avaliações foram realizadas a cada 30 dias durante todo o período de desenvolvimento das mudas. A altura foi medida com o auxílio de uma régua graduada em mm, a partir do nível do substrato até a gema apical, e para a mensuração do DC ao nível do substrato utilizou-se um paquímetro digital com resolução em 0,01 milímetros.

Aos 270 dias após a semeadura, determinou-se a massa seca da parte aérea (MSPA), a massa seca do sistema radicular (MSSR) e pelas somas destas, a massa seca total (MST). Para estas avaliações, foram utilizadas cinco mudas por parcela, sendo o material seco em estufa de circulação forçada de ar a 75 °C por 72 horas. A partir dos dados das variáveis analisadas, foram calculados os índices morfológicos: Índice de Robustez (H/DC) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al. 1960), obtidos por meio da equação:

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + MSSR}$$

em que: MST = massa seca da parte aérea; H = altura; DC = diâmetro de coleto; MSPA = massa seca da parte aérea; MSSR = massa seca do sistema radicular.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk, a 5% de probabilidade de erro. Ao verificar normalidade, realizou-se a análise de variância (ANOVA) e quando houve diferença significativa, por meio do *software* SISVAR (FERREIRA 2014), realizou-se a regressão das médias em nível de 5% de probabilidade de erro, para as doses aplicadas. Também calculamos a dose de

máxima eficiência técnica (DMET), sendo a primeira derivada das equações ajustadas igualadas a zero. Quando o valor calculado excedeu a dose máxima testada, a DMET considerada foi de 200% de ALL.

RESULTADOS

O gráfico do crescimento das mudas ao longo do tempo, Figura 1 e 2, em altura e diâmetro de coleto demonstrou efeito significativo do uso de fertilizantes para o crescimento das mudas da espécie. Contudo, é possível aferir maior crescimento para os tratamentos adubados com MAP e KCL, em relação ao uso de adubação de liberação lenta estudados.

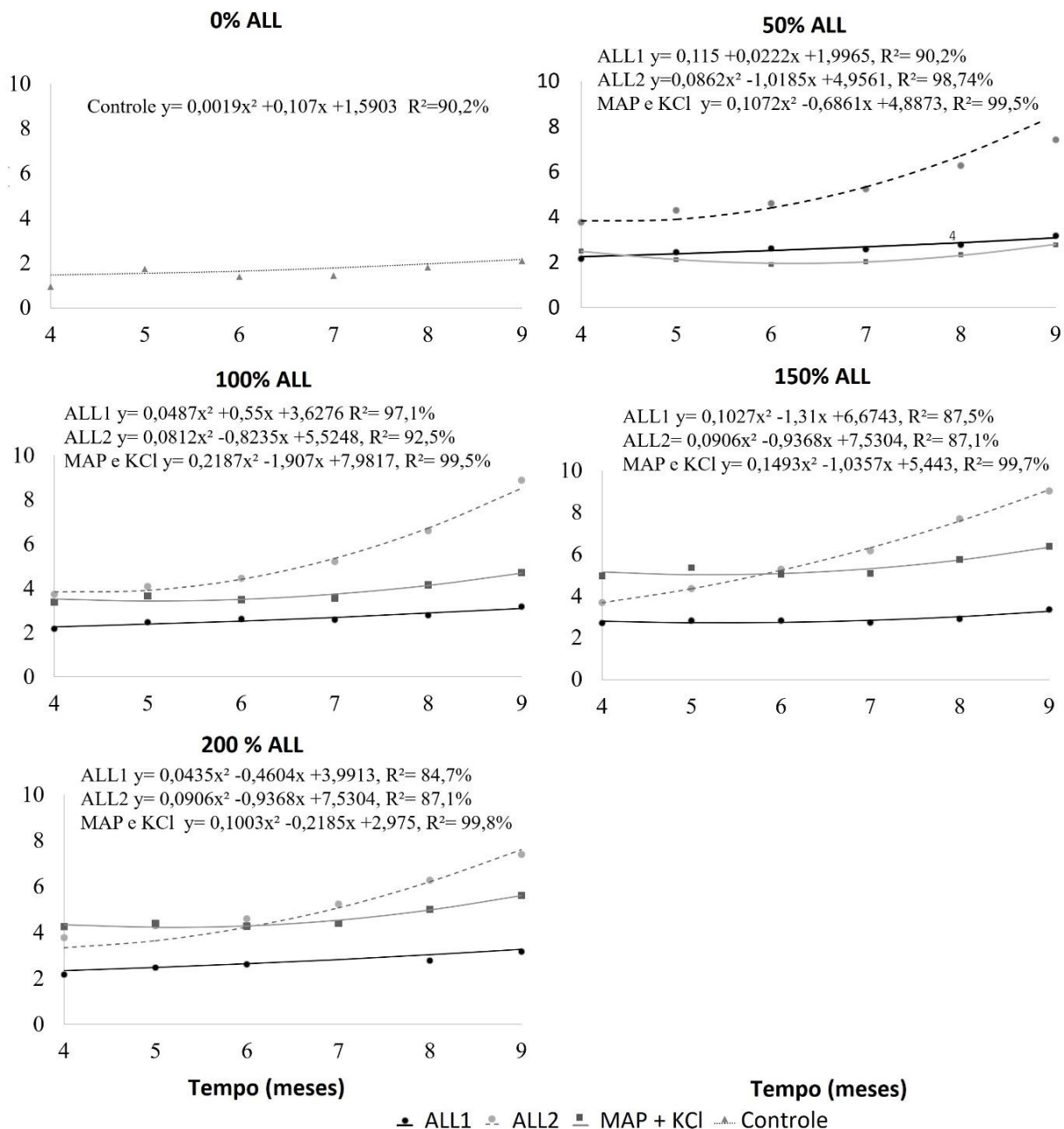


Figura 1. Crescimento ao longo do tempo da altura (H) de mudas de *Cordia trichotoma*, submetidas às diferentes dosagens dos adubos ALL1 (adubo de liberação lenta 1, encapsulado com enxofre elementar e revestido por polímeros orgânicos não hidrossolúveis), ALL2 (adubo de liberação lenta 2, revestido por um polímero orgânico, composto por resina alquídica) e MAP+ KCL.

Figure 1. Growth over time of height (H) of *Cordia trichotoma* seedlings, submitted to different dosages of fertilizers evaluated SRF1 (slow-release fertilizer 1, encapsulated with elemental sulfur and coated with non-water-soluble organic polymers), SRF2 (slow-release fertilizer 2, coated with an organic polymer, composed of alkyd resin) e MAP + KCL).

Foi observado interação significativa entre os diferentes fertilizantes avaliados e as doses utilizadas, para as variáveis altura, DC, MSPA, MSSR, MST e IQD, com crescimento quadrático positivo, Figura 3. As doses de máxima eficiência técnica (DMET) encontradas, aos 270 dias, para a variável altura (200,0%, 200,0% e 135,7%), DC (194,3, 200,0 e 130,1%), MSPA (200,0%, 195,4%, 115,8%), MSSR (200,0%, 173,9%, 110,7%), MST (200,0%, 166,6%, 120,3%) e IQD (178,9% 200,0%, 108,7%), com crescimento de H (3,0 cm e 6,5 cm e 8,5 cm) DC (1,5 mm, 2,5 mm e 3,7 mm), MSPA (0,3, 0,7, 1,3 g), MSSR (3,0, 1,1, 3,4 g), MST (1,3, 3, 4,9 g) e IQD (0,6, 1,4 1,6) respectivamente para os fertilizantes ALL1, ALL2 e MAP+KCL.

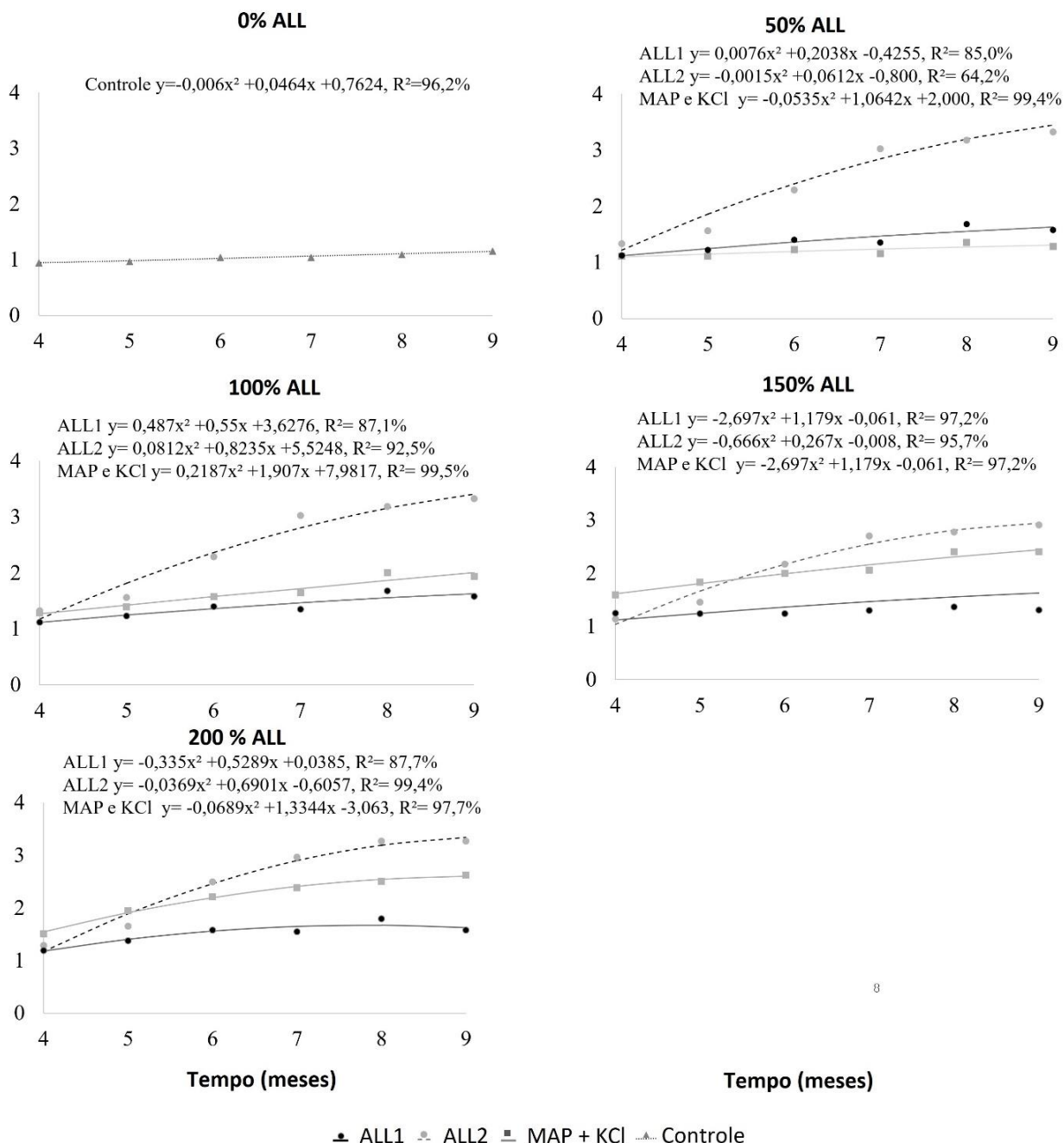


Figura 2. Crescimento ao longo do tempo do diâmetro do coleto (DC) de mudas de *Cordia trichotoma*, submetidas às diferentes dosagens dos adubos ALL1 (adubo de liberação lenta 1, encapsulado com enxofre elementar e revestido por polímeros orgânicos não hidrossolúveis), ALL2 (adubo de liberação lenta 2, revestido por um polímero orgânico, composto por resina alquídica) e MAP+ KCL.

Figure 2. Growth over time of stem diameter (DC) of *Cordia trichotoma* seedlings, submitted to different dosages of fertilizers evaluated SRF1 (slow-release fertilizer 1, encapsulated with elemental sulfur and coated with non-water-soluble organic polymers), SRF2 (slow-release fertilizer 2, coated with an organic polymer, composed of alkyd resin) e MAP + KCL).

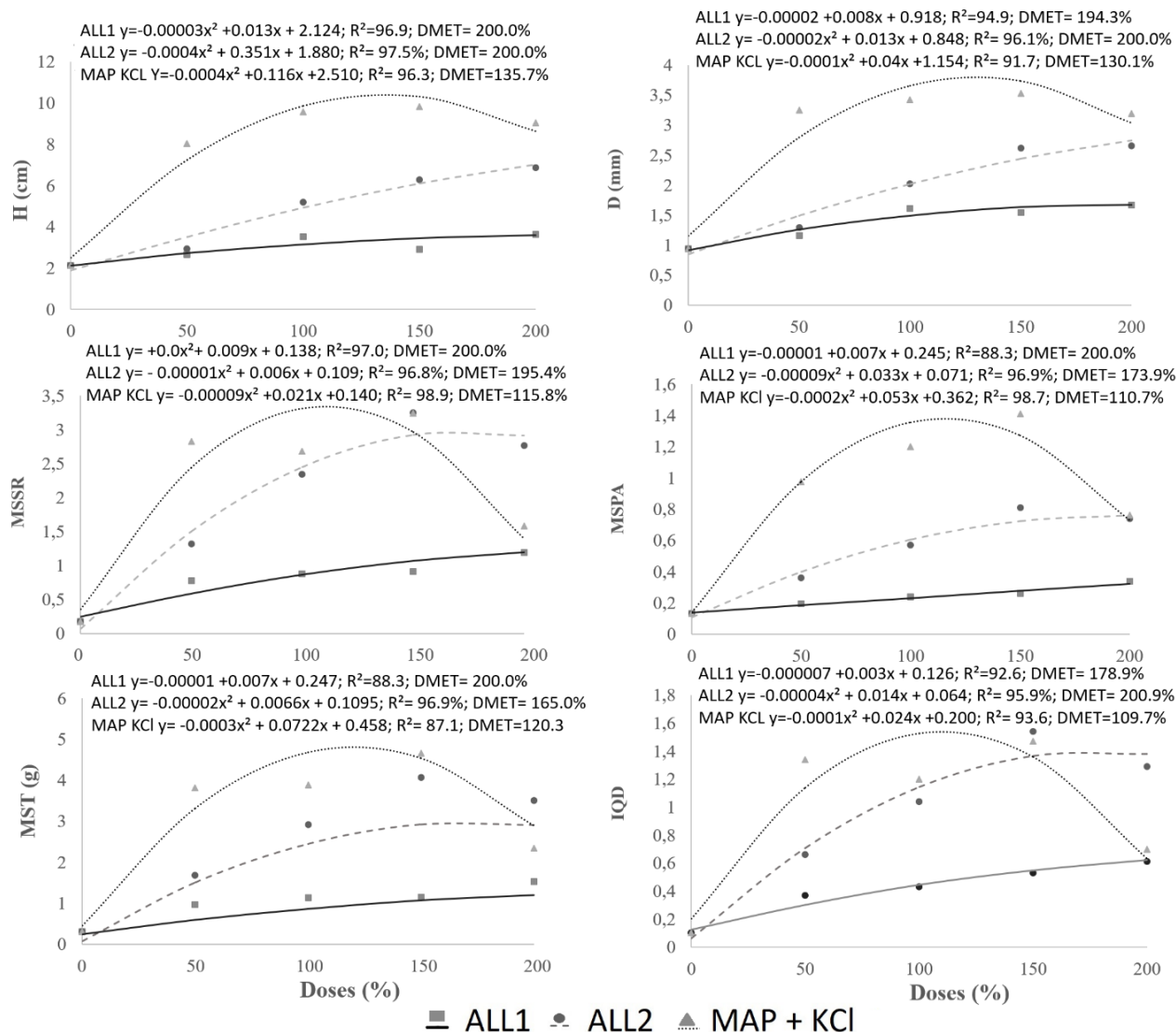


Figura 3. Efeito de diferentes doses dos adubos ALL1 (adubo de liberação lenta 1, encapsulado com enxofre elementar e revestido por polímeros orgânicos não hidrossolúveis), ALL2 (adubo de liberação lenta 2, revestido por um polímero orgânico, composto por resina alquídica) e MAP+KCL, no crescimento das mudas, e a dose máxima de eficiência técnica (DMET) das variáveis: altura (H), diâmetro de coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), massa seca total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD)

Figure 3. Effect of different dosages of fertilizers evaluated SRF1 (slow-release fertilizer 1, encapsulated with elemental sulfur and coated with non-water-soluble organic polymers), SRF2 (slow-release fertilizer 2, coated with an organic polymer, composed of alkyd resin) e MAP + KCL), on seedling growth, and the maximum dose of technical efficiency (DMET) of the variables: height (H), stem diameter (DC), dry mass of the aerial part (MSPA), dry mass of the root system (MSSR), mass total dryness (MST) and Dickson Quality Index (IQD).

DISCUSSÃO

O crescimento em altura e diâmetro do coleto (DC), ao longo do tempo, nos três tipos de adubações demonstrou que as mudas produzidas com o uso combinado de MAP e KCl, apresentaram maior resposta à adubação, em todas as doses testadas, com maior taxa de crescimento em relação ao uso dos ALL, o que representa crescimento superior de 77% em relação ao tratamento na dose 100% (Figura 2).

Os tratamentos sem o uso dos fertilizantes apresentaram a menor taxa de crescimento, o que enfatiza a necessidade de adubação das mudas de *Cordia trichotoma* (Figura 2). Apesar do uso da adubação elevar os custos da produção de mudas, esta prática pode contribuir para reduzir o tempo de

permanência das mudas no viveiro, principalmente para espécies como a *Cordia trichotoma*, que possui crescimento lento (SANTOS et al. 2017).

As baixas médias de temperatura e precipitação nos meses de maio a agosto (Figura 1) durante o ciclo de produção das mudas, favoreceram a queda no desenvolvimento da espécie, conforme pode ser observado na altura das mudas em todas as doses testadas, em que a taxa de crescimento foi baixa durante esses meses, assim como observado para *Schizolobium amazonicum* (FRIGOTTO et al. 2015) e para *Eucalyptus grandis* (SOUZA et al. 2013). Ademais, CIAVATTA et al. (2014) comentam que a eficiência de adubação das mudas de *Eucalyptus grandis* no período de inverno é inferior quando comparada ao verão, o que acarreta maior necessidade de frequência de adubação das mudas.

As variáveis altura, DC, MSPA, MSSR, MST e IQD, apresentaram comportamento quadrático positivo de crescimento, (Figura 3), assim como foi observado por BRONDANI et al. (2008) em mudas de *Anadenanthera colubrina* e por ROSSA et al. (2015), em mudas de *Eucalyptus grandis*. Ademais, o uso da adubação de cobertura resultou em crescimento superior ao uso dos ALL.

Para as adubações via ALL1, ALL2 e MAP-KCI, a DMET encontrada aos 270 dias para a variável altura foi de 200,0%, 200,0% e 135,7%, respectivamente (Figura 3). Observa-se que o uso de uma dose inferior de adubo solúvel em cobertura (MAP e KCI), proporcionou crescimento superior em altura (8,5 cm), em relação aos adubos de liberação lenta (3,0 e 6,5 cm, para o ALL1 e ALL2, respectivamente). Esse resultado contradiz JOSÉ et al. (2009), que encontraram crescimento superior de *Schinus terebinthifolia* com o uso de um adubo de liberação lenta na adubação de base, em detrimento ao uso de MAP e KCI, em adubação de cobertura.

Os autores BERGHETTI et al. (2016), estudando o uso do ALL2 (15:09:12), na produção de mudas de *Cordia trichotoma*, obtiveram DMET próxima ao encontrado neste trabalho com valor de 187% (7,5 g L⁻¹), no entanto, com altura de 18,3 cm. Os diferentes valores de altura encontrados podem estar relacionados a diversos fatores, como diferença no manejo da irrigação, período de cultivo, substrato utilizado e qualidade das matrizes em que foram obtidas as sementes.

O menor crescimento das plantas, também pode estar relacionado a maior incidência de chuvas nos primeiros meses do experimento (Figura 1), o que pode ter acelerado a liberação dos nutrientes para o ambiente, e conseqüentemente acentuado as perdas por lixiviação. Segundo CUNHA et al. (2021), a liberação dos nutrientes por ALL, é dependente da temperatura e umidade do substrato, além da composição do revestimento do adubo. Dessa forma sugere-se que o revestimento ALL1 (encapsulado com enxofre elementar e revestido por polímeros orgânicos não hidrossolúveis) tem qualidade inferior ao ALL2 (revestido por polímero orgânico composto por uma resina alquídica), por ter proporcionado menor crescimento das plantas, no entanto, este fato deve ser investigando por análises químicas futuras.

De acordo com WENDLING & DUTRA (2010), mudas do gênero *Eucalyptus*, devem ter altura mínima de 15 cm para plantio em campo. Por outro lado, *Cordia trichotoma* é uma espécie nativa com poucas informações sobre as técnicas de manejo de produção de mudas, desta forma ainda não existem recomendações adequadas de seu crescimento para plantio em campo, como as informações encontradas para as espécies do gênero *Eucalyptus*. No entanto, SALVADORI et al. (2013), obtiveram sobrevivência de 97%, em plantios de mudas de *Cordia trichotoma*, com 240 dias de idade, com altura média de 13 cm, com o uso de adubos solúveis (MAP e KCI).

Apesar de a variável altura ser utilizada para expressar a qualidade das mudas, recomenda-se a análise desta variável combinada com outras características tais como: o diâmetro do coleto (DC), a massa seca de raízes, a relação parte aérea raiz (DAVIDE et al. 2015).

Para o DC, os tratamentos que receberam adubação via MAP e KCL e ALL2, obtiveram um crescimento quadrático, conforme encontrado por JOSÉ et al. (2009), para *Schinus terebinthifolia*, utilizando as mesmas fontes de adubo (ALL2 e MAP e KCL). No entanto o ALL 1 obteve crescimento linear, conforme encontrado por ROSSA et al. (2013), para *Schizolobium parahyba*, utilizando adubo revestido pelo polímero elástico Poligen.

A adubação via MAP e KCI proporcionou os maiores valores de MSPA, MSSR e MST na dose correspondente a 25% (0,10 g muda⁻¹), e foi superior aos adubos ALL (Figura 3). Contudo, JOSÉ et al. (2009) avaliando a adubação de MAP e KCI e ALL (14:14:14) em *Schinus terebinthifolia*, relataram que os dois adubos foram eficientes para espécie, no entanto, o ALL2 proporcionou maior crescimento das mudas. Este trabalho também contradiz os resultados encontrados por ROSSA et al. (2015), em que o uso de adubos formulados solúveis, proporcionaram menor crescimento em mudas de *Eucalyptus grandis*, em relação ao uso de ALL.

Verifica-se que o uso do ALL1, proporcionou o menor acúmulo em massa seca, mesmo na maior dose testada, o que demonstra que essa fonte de fertilizante, possui baixa eficiência em promover o crescimento de mudas da espécie *Cordia trichotoma*, em fase de mudas. CUNHA et al. (2021), comparando as mesmas fontes de ALL, para produção de mudas de eucalipto, também observou baixa eficiência do uso de ALL1 em relação ao ALL2.

A MSPA é uma variável muito importante quanto ao vigor das mudas e está relacionada ao potencial fotossintético da planta (PINTO et al. 2011). Segundo NAVROSKI et al. (2016), quanto maior a massa seca da parte aérea, maior será a rusticidade das mudas, o que significa que as mudas produzidas com a adubação via MAP e KCI apresentarão maior resistência às adversidades quando submetidas às condições de campo. Já para a MSSR diversos pesquisadores enfatizam que a massa seca de raízes corresponde uma das melhores características para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas após o plantio em campo, e o seu maior acúmulo ocorreu com a aplicação de 110,7% de MAP e KCI (LANGE et al. 2014).

O IQD, variou de 0,6 para o ALL1 à 1,6 para o uso de MAP e KCI, não existem resultados consolidados para indicação do melhor valor deste índice para a espécie, contudo segundo DAVIDE et al (2015), quanto maior o índice maior qualidade as mudas apresentam. De acordo com DAVIDE et al. (2015) e ROSSA et al. (2015), é um índice que contribui como um bom indicador de qualidade de mudas, visto que para efetuar o cálculo, são considerados os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade de mudas, como a relação (H/DC) e a massa seca.

As média da DMET encontradas, entre as variáveis avaliadas, para o uso de ALL testados foram de 195% e 190%, o que corresponde às doses de 7,8 e 7,6 g L⁻¹, e a média encontrada para o MAP e KCI foi de 120%, o que corresponde à dose de 0,12 g L⁻¹ de MAP (Figura 3), o que valida a nossa hipótese de que as doses recomendadas para a espécie devem ser superiores ao encontrado na literatura, para produção de espécies florestais de 4 g L⁻¹ de ALL e aplicação de 0,1 g L⁻¹ de MAP (DAVIDE et al. 2015). Salienta-se que o uso da adubação de cobertura com fontes solúveis, resultou em maior crescimento para as mudas, o que pode ter sido resultado de uma maior efetividade na absorção dos nutrientes pela planta ao longo dos 270 dias, em relação ao uso do ALL.

DAVIDE et al. (2015) comentam que o parcelamento da adubação otimiza o aproveitamento dos nutrientes pela planta, além de reduzir as perdas, principalmente de nitrogênio. No entanto, segundo YAMAMOTO et al. (2016), apesar da maior qualidade de formação das mudas, a fertilização do substrato, via adubação de cobertura, aumenta a demanda do uso da mão de obra, na manutenção da atividade de adubação, o que acarreta maior custo de produção das mudas.

De modo geral, observa-se que o uso do ALL1 não foi eficiente na produção de mudas de *Cordia trichotoma* e que o ALL2 proporcionou maior crescimento/qualidade nas mudas produzidas em relação ao ALL1, invalidando a nossa primeira hipótese. Este maior crescimento pode estar relacionado a maior ocorrência de chuva nos primeiros meses do experimento e, conseqüentemente, uma maior lixiviação dos nutrientes (Figura 1). Dessa forma, pode-se inferir que a qualidade do revestimento do ALL1 pode ser inferior à do ALL2. Além disso, as características climáticas de baixa temperatura no outono e inverno, podem ter proporcionado redução na taxa de crescimento vegetativo da espécie, o que resultou em mudas de menor porte ao fim do período experimental.

As diferentes exigências nutricionais das espécies florestais nativas dificultam a padronização do sistema de produção de mudas, o que enfatiza a importância de estudos de doses apropriadas de fertilizantes. No entanto, a escolha das fontes a serem utilizadas deve considerar o planejamento estabelecido, a estação do ano em que as mudas serão produzidas e a estrutura do viveiro. Segundo DA ROS et al. (2017), viveiros desprotegidos propiciam maior perda de nutrientes por lixiviação, principalmente nas estações chuvosas.

Ademais, a localização do viveiro e o custo para adquirir cada fonte de adubo, devem sempre ser analisados com cautela, de forma a optar sempre por fontes que proporcionam melhor qualidade das mudas, com menor custo de aquisição. A maximização operacional e a minimização dos custos no processo de produção são de suma importância nas tomadas de decisões, o que as tornam mais viáveis economicamente (SIMÕES & SILVA 2010).

CONCLUSÃO

Para os três tipos de adubos testados, o uso de fonte de adubo solúvel (MAP e KCI) demonstrou superioridade em todas as variáveis analisadas, em detrimento ao uso dos adubos de liberação lenta (ALL1 e ALL2).

O maior crescimento das mudas foi obtido na adubação de 120% via MAP e KCl, a qual é equivalente à dose fixa de 0,08 g/L de KCl e de 0,12 g L⁻¹ de MAP em cada operação de adubação.

O ALL1 e ALL2 não demonstraram eficiência adequada para produção de mudas de qualidade de *Cordia trichotoma*, nas condições estudadas.

REFERÊNCIAS

- ALVARES CA et al. 2013. Koeppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische, Zeitschrift 22: 711-728.
- ANTONELLI PV et al. 2015. Desenvolvimento de *Cordia trichotoma* em função da adubação, em sistema silvipastoril no Sudoeste do Paraná-Brasil. Ecologia e Nutrição Florestal 3: 59-70.
- BERGHETTI ALP et al. 2016. Growth of *Cordia trichotoma* seedlings in different sizes of recipients and doses of fertilizer. African Journal of Agricultural Research 11: 2450-2455.
- BRONDANI GE et al. 2008. Fertilização de liberação controlada no crescimento inicial de angico-branco. Scientia Agraria 9: 167-176.
- CIAVATTA SF et al. 2014. Fertirrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* nos períodos de inverno e verão. Cerne 20: 217-222.
- CUNHA FL et al. 2020. Espécies nativas com potencial silvicultural e econômico no Brasil. In: MATOS RRS et al. Avanços Científicos e Tecnológicos nas Ciências Agrárias 2. Ponta Grossa: Editora Atena. p.33-45.
- CUNHA FL et al. 2021. Efficiency of slow release fertilizers in the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. Floram 28: e20210059.
- DA ROS et al. 2017. Perdas de nutrientes por lixiviação na produção de mudas de cedro australiano. Floram 24: e20160081.
- DAMIAN JM et al. 2016. Doses de osmocote plus® na produção de mudas de Sarandi: Atributos morfológicos e índice de clorofila. Agrarian 9: 241-247.
- DAVIDE AC et al. 2015. Fatores que afetam a qualidade de mudas destinadas aos projetos de restauração de ecossistemas florestais. In: DAVIDE AC & BOTELHO SA. Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais 25 anos de experiência em matas ciliares. Lavras: Editora UFLA. p.181-274.
- DICKSON A et al. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. Forestry Chronicle 36: 10-13.
- FERREIRA DF. 2014. Sisvar: guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. Ciência e Agrotecnologia 38: 109-112.
- FRIGOTTO et al. 2015. Desenvolvimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke em diferentes ambientes em viveiro. Revista Ecologia e Nutrição Florestal 3: 9-17.
- JOSÉ AC et al. 2009. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi). Agrarian 2: 73-86.
- LANGE A et al. 2014. Substratos para produção de mudas de *Schizolobium amazonicum*. Tecnologia e Ciência Agropecuária 8: 49-54.
- NAVROSKI MC et al. 2016. Efeito do volume do tubete e doses de fertilizantes no crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. Agrarian 9: 26-33.
- PINTO SIC et al. 2011. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. Revista Brasileira de Ciência do Solo 35: 523-533.
- ROSSA ÜB et al. 2013. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. Floresta 43: 93-104.
- ROSSA ÜB et al. 2015. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis*. Floresta 45: 85 – 96.
- SALVADORI SL et al. 2013. Análise de sobrevivência e crescimento de *Cordia trichotoma*, *Boraginaceae*, *Lamiales*, no sul de Mato Grosso do Sul-Brasil. Ciência Florestal 23: 735-742.
- SANTOS JA et al. 2017. Potencial de crescimento de *Cordia trichotoma* e *Grevillea robusta* em plantio puro e consorciado. Enciclopédia Biosfera 14: 523-530.
- SIMÕES D & SILVA MR. 2010. da. Análise técnica e econômica das etapas de produção de mudas de eucalipto. Cerne 16: 359-366.
- SOUZA CC et al. 2013. Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* Hill X *E. urophylla* ST Black. Revista Árvore 37: 67-77.
- WENDLING I & DUTRA LF. 2010. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING I & DUTRA LF. Produção de mudas de eucalipto. Colombo: Embrapa Florestas p.13-47.
- YAMAMOTO CF et al. 2016. Slow release fertilizers based on urea/urea-Formaldehyde polymer nano composites. Chemical Engineering Journal 287: 390-397.